This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

+ *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.

+ *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.

+ *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.

+ *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página `http://books.google.com`

UC-NRLF
B 3 755 961

LA ATMOSFERA

Passó. 1902

J. ROCA

THE LIBRARY
OF
THE UNIVERSITY
OF CALIFORNIA
DAVIS

GIFT OF

MADELINE BAUDONNET

LA

ATMÓSFERA

LOS GRANDES FENÓMENOS DE LA NATURALEZA

OBRA ESCRITA POR

CAMILO FLAMMARIÓN

Y TRADUCIDA DE LA ÚLTIMA EDICIÓN FRANCESA

REVISADA POR D. NORBERTO FONT Y SAGUÉ

Santa Maria
1906

TOMO SEGUNDO

BARCELONA

MONTANER Y SIMÓN, EDITORES

CALLE DE ARAGÓN, NÚMS. 309 Y 311

1902

ES PROPIEDAD

LA ATMÓSFERA

CAPÍTULO VI

EL OTOÑO. - EL INVIERNO

LA TIERRA VEGETAL. — LA NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS. — PAISAJES DE OTOÑO É INVIERNO. — EL FRÍO. — LA NIEVE. — EL HIELO. — LA ESCARCHA, EL GRANIZO, ETC.

Inviernos memorables. — Las temperaturas más bajas que se han observado

Augusto Compte emitió la idea de reunir todas las fuerzas de que puede disponer el género humano, para enderezar el eje del mundo. Milton dice que antes del pecado de Adán (y de Eva), el eje de rotación del globo era perpendicular á la eclíptica, de modo que no había estaciones y la Tierra gozaba de una primavera perpetua; pero que después de haber cogido la manzana, Jehová se enojó y pegó un puntapié á nuestro pobre planeta, que desde entonces va dando torpes volteretas por el espacio, y sufre alternativamente los ardores del Sol y los rigores del invierno. Es indudable que si la Tierra no tuviera estaciones tan opuestas que ofrecen á la inteligencia humana tan mala hospitalidad, la organización de la naturaleza animada estaría hecha por fuerzas menos rudas y gozaríamos de un estado armónico más uniforme. Esto sería una condición de habitabilidad superior á la nuestra; pero el eje está inclinado, lo ha estado y lo estará siempre, y por lo tanto ni ha habido ni habrá verdadera edad de oro sobre la Tierra. A consecuencia de esta inclinación, los organismos vegetales y animales han sido constituídos sucesivamente para vivir en el medio ambiente, menos delicados, menos sensibles, más inferiores de lo que lo hubieran sido en una condición superior. Sin embargo, tales cuales son, hállanse por su misma naturaleza en correspondencia con el género de vida terrestre, de tal modo que si el eje se enderezara de repente, la primavera perpetua que tendríamos en perspectiva sería funesta para la vida atribuída á la Tierra, y echaríamos muy de menos nuestras antiguas estaciones, y hasta nuestros inviernos.

En efecto, el otoño y el invierno no son menos indispensables para la marcha de la vida terrestre que la primavera y el verano. La Tierra, después de ha-

bernos dado sus flores y sus frutos, necesita reposo, calma, silencio; y su seno no es inagotable sino á condición de regenerarse periódicamente. El otoño es la estación de tránsito entre el calor y el frío, tránsito que al operarse gradualmente según la inclinación creciente de nuestro horizonte hasta el solsticio de invierno, se ve algunas veces agitado por choques meteorológicos procedentes de las borrascas, de los vientos, de los hielos formados en las altas latitudes, y de las variaciones que en definitiva constituyen las condiciones de la vida del planeta. En la época de la inclinación más oblicua del Sol y de los días más cortos, la Tierra, cada vez más fría, parece caer lentamente en el hielo de la muerte. Pero sólo la superficie sufre la desnudez que acompaña al frío y esta dispersión glacial; ya hemos visto que á algunos metros de profundidad, el invierno es la época más cálida, y que más abajo la capa terrestre goza de una temperatura uniforme, igual á la media del punto de observación.

Fructidor, vendimiario y brumario nos presentan la naturaleza bajo su aspecto grave y severo. La verdura uniforme de la primavera y del estío ha sido substituída por los diferentes matices que preceden á la caída de la hoja. Los paisajes son más pintorescos, los tonos de las nubes y los de los bosques más vivos y más fijos, como si la naturaleza quisiera afirmar á los ojos del hombre, antes de adormecerse, su grandeza y su eternidad. Ya no se oyen los alegres cantos del pajarillo que construye su nido en los matorrales y en las ramas de los árboles; ya no se respiran los suaves y delicados perfumes de las flores de mayo: anúnciase en la atmósfera una época solemne, porque la Tierra, inclinándose cada vez más bajo los rayos del Sol, parece reconcentrarse en sí misma, abstrayéndose en el sentimiento de su individualidad personal. Las caprichosas combinaciones vegetales debidas á la luz y al calor se disuelven y caen; el viento sopla arrebatando las hojas; cógense las frutas, desde las que produce el vergel creado por la civilización hasta las de la viña; Pomona reemplaza á Ceres y flora, y la industria humana afirma cada año su obra más antigua y constante, atrayendo al hombre á las cómodas habitaciones en las cuales se halla al abrigo de las intemperies del otoño y del invierno, y puede vivir durante esta época rigurosa en medio de los trabajos del ingenio humano, reunidos merced á la invención de la imprenta, en medio de las dulces afecciones del hogar doméstico y de la fraternidad de los seres que para su sociedad ha escogido.

Frimario, pluvioso y nivoso ejercen una concentración física en la parte moral del hombre, muy diferente de la expansión debida á los luminosos y cálidos días de la primavera y del verano; modelados nosotros sobre la naturaleza terrestre, experimentamos frecuentemente y sin darnos cuenta de ello su variable influjo, que debería redundar siempre en ventaja nuestra si llevásemos una vida intelectual y armónica. Cada estación puede dar, así al alma como al cuerpo, una saludable variación de actividad, y el planeta podría ser una morada agradable, no obstante los 23 grados de inclinación de su eje, si fuésemos un poco

espirituales. Mas no: en vez de vivir sencillamente tranquilos y dichosos, pasamos nuestra efímera existencia combatiéndonos mutuamente con todas las armas imaginables, desde las que nos prestan con sus hablillas la envidia y los celos, hasta el fusil y el cañón de las guerras internacionales y civiles.

Hemos visto de qué modo la oblicuidad creciente de los rayos solares produce el enfriamiento de nuestro hemisferio y forma las estaciones de otoño é invierno. Más adelante veremos cómo las lluvias agregan su trabajo al del calor y al del viento para esponjar la tierra y hacerla á propósito para la vegetación. La tierra vegetal no es, como los terrenos geológicos, un simple producto del mundo mineral; al contrario, debe su existencia al atmosférico. El *humus*, que constituye el elemento fundamental é indispensable de la tierra vegetal, es un producto de la fuerza orgánica, una combinación de carbono, hidrógeno, ázoe y oxígeno, que la industria reconstituye difícilmente por los abonos minerales. El humus alimenta los cuerpos organizados; sin él no podría existir la vida individual, por lo menos en cuanto á los animales y á las plantas más perfectos; la muerte y la destrucción son, pues, indispensables para la alimentación y reproducción de una nueva vida. No tenemos más que observar los progresos de la vegetación en las rocas desnudas para estudiar la historia de la tierra cultivable desde el principio del mundo. Primeramente se formaron en ella líquenes y musgos, en cuya descomposición hallaron su alimento otras plantas más perfectas. Estas aumentaron á su vez la masa de mantillo por su putrefacción, y de este modo acabó por formarse una capa de humus capaz de alimentar á los árboles más corpulentos.

El otoño, esparciendo por la superficie de la Tierra los despojos de los bosques, los restos de la vegetación que enriquecía las colinas y los llanos durante los hermosos días de sol, y regando el suelo con sus lluvias multiplicadas; el invierno, sepultando las campiñas adormecidas bajo un inmenso campo de nieve, prepara las condiciones de la vida que debe resucitar en la primavera. Sin el aire, ni siquiera las plantas más inferiores podrían respirar ni existir. Sin el aire, la superficie del suelo no podría recibir el más insignificante tapiz de musgo, ni el más ligero humus vegetal; la Tierra sería por todas partes abrupta, estéril y desnuda. Sin el aire, no habría lluvias, ni agua, ni humedad, ni viento, ni circulación. La Atmósfera se presenta, bajo cualquier aspecto que se la estudie, como la condición suprema y como la organizadora permanente de la doble vida vegetal y animal que funciona en este planeta. Las estaciones modifican constantemente el mismo suelo geológico. En concepto del observador poco reflexivo, las rocas y las substancias minerales son al parecer indestructibles, representando, por decirlo así, el tipo de la estabilidad y de la duración. Pero, con un poco de atención, se ve que las rocas se destruyen sin cesar, y que toda substancia mineral expuesta al aire y á la lluvia ha de pasar forzosamente por su aniquilamiento. El aire, á causa de su humedad, de su ácido carbónico y de su oxígeno, ejerce en las rocas una facultad de alteración verdaderamente extraor-

dinaria. Ninguna de ellas resiste á su influencia; caliza y basalto, granito y pórfido, nada está resguardado de la acción química de la Atmósfera y del agua. Lo que los poetas y los retóricos llaman la *mano del tiempo* no es más que esa acción química ejercida durante un largo intervalo. Las alternativas de calor y de frío son poderosos auxiliares del aire en esta obra de destrucción. El frío reduce á menudos fragmentos, por efecto de la congelación del agua que ha penetrado en ellas, las piedras que la acción del aire debe descomponer en seguida; es una división mecánica que prepara y facilita la descomposición química.

La caliza grosera sacada de los terrenos terciarios y con la cual se construyen las casas de París, sufre una disgregación lenta, que la reduce en seguida á polvo. El pueblo atribuye esta alteración al astro nocturno, y dice que la *Luna come piedras.* El sabio hidráulico M. Belidor hace con este motivo la observación consoladora de que, siendo recíprocas las acciones y la Tierra mucho mayor que la Luna, la primera debe comer muchas más piedras que la segunda.

Así, pues, en nuestros días y ante nuestra vista, la acción combinada de la Atmósfera y del aire, obrando sobre las rocas que componen las montañas, produce desprendimientos, caídas de terrenos, etc., tan desastrosos algunas veces como los temblores de tierra ó las erupciones volcánicas.

Las montañas se van destruyendo sin cesar. El frío hiende y divide las rocas, el aire las descompone, el agua las lava y las arrastra. Es una nivelación general efectuada por las solas fuerzas de la naturaleza. Si la Tierra subsiste mucho tiempo y no sufre esas sacudidas que dejan relieves en su superficie, las montañas acabarán por desgastarse y los valles y el mar por elevar su nivel, de suerte que, como nada se pierde, al desbordarse poco á poco el agua del Océano, concluirá por ocupar toda la superficie del globo con doscientos metros de espesor, altura suficiente para anegar el género humano y todas sus obras.

Resulta, pues, que el aire, ya sea directamente en virtud de su acción lenta, ó ya por el intermedio de los vegetales y de los animales, modifica constantemente la superficie de nuestro planeta. La delgada capa de tierra cultivable es la que hoy constituye para nosotros la mayor riqueza de la Tierra. Esta capa es sumamente tenue, no llegando á un pie de espesor en la mayor parte de los países. El cultivo depende á la vez de su composición química, del abono con que se la enriquece, y del subsuelo en que reposa, el cual no es insignificante, pues según que sea arcilloso, arenoso ó calizo, la lluvia obra en proporciones más ó menos favorables. Se puede observar fácilmente el delgado espesor de la Tierra vegetal en los numerosos desmontes que la industria de los caminos de hierro ha hecho en todas partes, sobre todo cuando se han practicado en la creta blanca (como, por ejemplo, en el Sur de París, en el ferrocarril de Sceaux, de Montsouris á Arcueil, donde la tierra gris de la superficie forma tan sólo una capa de algunos centímetros de espesor).

Las substancias fundamentales son, además del nitrógeno, el ácido fosfórico, la potasa, la cal, la sílice y la magnesia. La sílice existe generalmente en

cantidad considerable en los terrenos laborables; la magnesia casi nunca falta; la cal falta raras veces y puede entrar en la clase de enmiendas.

No basta que una tierra contenga nitrógeno, ácido fosfórico y potasa asimilables, sino que debe tenerlos en cantidades que tengan entre ellas determinadas relaciones. La insuficiencia de una de ellas hace inútil ó perjudicial el exceso de las otras dos. De aquí la ventaja de los abonos químicos llamados *complementarios*.

¿De dónde toman las plantas su nitrógeno? Del aire, sin duda; pero ¿cómo?

Las lluvias, las nieblas y rocíos pueden dar anualmente al suelo de 10 á 15 kilogramos de nitrógeno amoniacal ó nítrico por hectárea: es poca cosa, y la evaporación ó las aguas de infiltración pueden llevarse mucho más. El amoníaco existe normalmente en el aire; las plantas pueden tomarlo como el ácido carbónico. La cantidad de nitrógeno que resulta es aún desconocida; varía sin duda de una planta á otra, pero es imposible fijarla en el estado actual de la ciencia.

M. Berthelot ha dado en esta cuestión, hasta hoy día muy obscura, una luz inesperada. Después de haber establecido que, bajo la influencia de las acciones eléctricas del aire, el nitrógeno libre es fijado por las materias orgánicas, ha demostrado (1885) que, aun en ausencia de estas materias, el nitrógeno del aire es fijado en la arcilla de las tierras en proporciones cuando menos tan grandes como las que las cosechas arrebatan á la tierra.

Es este hecho muy importante.

Las estaciones, cuyo valor astronómico se debe á la traslación del planeta inclinado alrededor del Sol, relativamente inmóvil, y cuya obra meteorológica depende de la existencia y de la naturaleza de la Atmósfera; las estaciones, decimos, se suceden, como hemos indicado, para la conservación de la vida terrestre. Llegamos ahora á la última, al invierno, triste, frío y helado, pero antes conviene que nos formemos una idea de los meteoros que lo caracterizan.

Con el descenso progresivo de la temperatura, el termómetro ha bajado hasta el nivel inferior de sus indicaciones caloríficas, hasta el cero, punto notable en que el agua pierde su estado líquido y se vuelve *sólida* como el mineral. Entonces puede adquirir distintas formas, ya se ponga maciza en el estado de hielo, ya se aglomere ligeramente en los finos calados de la escarcha, ó ya caiga lentamente de la Atmósfera formando pequeñas hebras y soldándose á los caprichosos copos de la nieve. Este último meteoro es el que constituye generalmente la plenitud del invierno, porque la nieve se produce tan luego como la temperatura baja hasta cero. Si esta temperatura igual ó inferior á cero se extiende desde las nubes hasta la superficie de la Tierra, el agua llega al suelo en estado de nieve. Si la nieve al caer sólo tiene que atravesar una tenue capa de aire cuya temperatura sea superior á cero, y cae con abundancia, llegará asimismo en estado de nieve, persistiendo en él. Esto es lo que sucede á veces en verano (ejemplo: la nevada del 4 de julio de 1868, cerca de Niza, que persistió

hasta el día siguiente en los valles de San Salvador y de Rimplas). Si la capa de aire inmediata al suelo tiene una temperatura elevada y un espesor de muchos centenares de metros, la nieve no llega á la tierra, sino que se deshace en forma de lluvia más ó menos fría. Este es el caso de un gran número de chubascos de primavera y otoño, porque más arriba de la línea de cero en la Atmósfera, que hemos trazado anteriormente, el agua de las nubes se halla constantemente en el estado de nieve, lo mismo en los días más calurosos del verano que en los del invierno.

Extendiendo su manto por la superficie de la Tierra, la nieve forma á la vez una cubierta y una pantalla: una cubierta, porque, siendo poco conductora, se opone al paso del calor é impide que la Tierra que la soporta se enfríe hasta la temperatura del aire; una pantalla, porque se opone á la irradiación nocturna. Así lo ha averiguado M. Boussingault, en Bechelbronn en 1841, colocando un termómetro *sobre* la nieve con la bola recubierta por ésta, y otro termómetro *debajo* de la nieve, en contacto con el suelo, habiendo obtenido las siguientes indicaciones:

	11 feb., 5 tarde	12, salida del Sol	12, 5 h., 30′ tarde	13, salida del Sol	13, 5 h., 30′ tard
Debajo de la nieve.	0°,0	3°,5	0°,0	2°,0	0°,0
Sobre la nieve. .	1°,5	12°,0	1°,4	8°,2	1°,0

La temperatura es siempre más elevada debajo que encima de la nieve. Sin ésta, en las mañanas del 12 y 13 de febrero citadas, las hojas, los tallos y el nacimiento de las raíces hubieran sufrido un frío de −12° y −8°. Estos fríos son los que destruyen un gran número de plantas de trigo de otoño cuando el campo no está abrigado.

M. Martins ha observado en la cima del Monte Blanco −17°,6 en la superficie de la nieve, y −14,6 á dos decímetros de profundidad (28 de agosto de 1844).

Citaré también los experimentos de Rozet, según los cuales la temperatura del suelo debajo de la nieve está á −1°,5 y −2.°, cuando la del suelo sin nieve llega á −2°,5 y −3° (París, enero de 1855).

La nieve contribuye á su vez á la fertilidad del suelo. Lo mismo que la lluvia y que las nieblas, contiene una proporción notable de amoníaco (muchos milígramos por litro de agua), que existe volatilizado en la Atmósfera, del cual se apodera para llevarlo al suelo, oponiéndose luego á su volatilización, que no deja de tener efecto después de las lluvias, y sobre todo cuando éstas son cálidas.

Si, como sucede ordinariamente, la Tierra ha estado sometida antes de que caiga la nieve á la acción de una fuerte helada, capaz de matar los insectos nocivos, hay muchas probabilidades de que el año sea fértil.

La nieve parece estar formada en su origen, es decir, en las nubes heladas de las alturas de la Atmósfera, de filamentos de hielo sumamente sutiles. Cuan-

de las gotitas de agua que forman las nieblas y las nubes ordinarias se congelan, lo cual no sucede sino con fríos de 20 y 30 grados, bajo la influencia de las altas latitudes ó de corrientes glaciales, es probable que no conserven su estado esferoidal, sino que caigan un instante y adquieran la forma de un filamento que se hiela en el momento mismo de la transformación física. En virtud de las leyes de la cristalización, estos pequeños filamentos se sueldan en ángulos de 60° y forman las figuras de la nieve, que, aunque son tan numerosas, pertenecen todas á un mismo orden geométrico. Luego estas nubes de nieve descienden con más ó menos rapidez en su tranquila atmósfera, y se dilatan ó reducen más ó menos según las condiciones de temperatura á que están sometidas. Así es como yo considero que debe formarse la nieve, aun cuando no me atreveré á asegurarlo, pues nadie ha presenciado aún directamente esta formación, y á pesar de mis fervientes deseos, no he logrado aventurarme en un globo hasta el *origen* de una nevada (1).

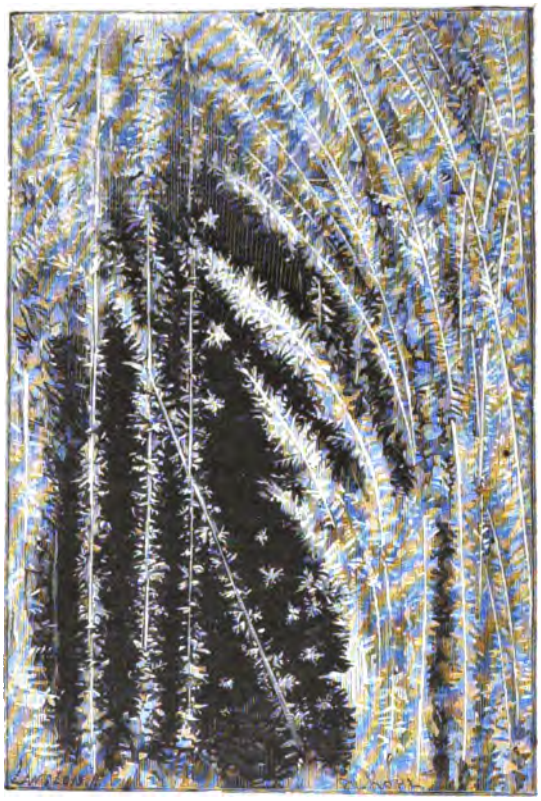


Fig. 1. – Arborescencias del hielo en los cristales

La formación de los copos de nieve ha llamado hace mucho tiempo la atención de los observadores. Kepler habla de su estructura con admiración, y otros físicos han procurado averiguar su causa; pero solamente desde la época en que

(1) M. Glaisher, en su ascensión del 26 de junio de 1863, encontró á 4.500 metros una nube de nieve inmensa, pues tenía un espesor de 1.800 metros. Era una escena verdaderamente admirable. Esta nieve estaba toda compuesta de pequeños cristales perfectamente visibles, de una delicadeza extrema. Se veían las aristas separadas unas de otras, según dos sistemas de cristalización, pues los intervalos angulares eran los unos de 60 grados y los otros de 60+30, ó 90 grados. Había una multitud de variadas formas que era fácil reconocer recogiéndolas sobre la manga del traje.

Cuando cesó de caer esta nieve, los aeronautas no estaban más que á 3.000 metros y entraron en una niebla espesa de que no pudieron salir hasta llegar al suelo.

se ha aprendido á conocer las leyes de la cristalización en general (como, por ejemplo, las del azufre, de la sal, etc.), ha sido posible hacer alguna luz con respecto á este asunto.

Sabemos por la geometría que de todos los polígonos inscritos en un círculo, sólo hay uno que tenga todos sus lados iguales á los radios de dicho círculo; este es el hexágono regular ó figura de seis lados. Pues bien, esta figura geométrica sencilla y completa es la que parece preferir la naturaleza á todas las demás: la abeja y la avispa la han adoptado en la construcción de sus celdillas, y el industrioso insecto que produce la miel ha resuelto el gran problema geométrico de «procurar el mayor espacio con la menor cantidad de materia posible,» dando por fondo á su hexágono una pirámide de tres rombos iguales. Vése además dicha figura en las flores campestres, y la observamos asimismo en las cristalizaciones de la nieve y del hielo, al analizar todas las formas presentadas.

Adviértese muy bien la tendencia del hielo á tomar una forma cristalina, en los dibujos de hojas de helecho que se observan en las vidrieras de las habitaciones, cuando el agua se congela en ellas. Todo el mundo ha podido ver esos cristales arborescentes en las ventanas de las habitaciones que no están caldeadas, formando á menudo caprichosos dibujos por el estilo de los que representa la figura 1. Las líneas nacen, se prolongan, se multiplican como ramas, y se extienden sobre el cristal formando constantemente ángulos de 60°.

Si cogemos un trozo grueso de hielo y lo fundimos lentamente en el foco de un haz de luz eléctrica, proyectando dicho trozo sobre una pantalla, podremos ver cómo las moléculas de hielo se separan unas de otras, permitiendo ver su estructura geométrica. La fuerza de cristalización había acumulado silenciosa y simétricamente átomo sobre átomo, y el haz eléctrico los hace caer silenciosa y simétricamente. «Observad esta imagen, decía sir John Tyndall en una de sus explicaciones en el Instituto real de Inglaterra, observad esta imagen (fig. 2), cuya belleza no llega ni con mucho al efecto real. Ved aquí una estrella, más allá otra; y á medida que la acción continúa, parece que el hielo se va descomponiendo en más y más estrellas, todas de seis rayos, y cada una de ellas semejante á una linda flor de seis pétalos. Conforme voy cambiando de lugar mi lente, descubro nuevas estrellas; y á medida que la acción continúa, los bordes de los pétalos se dentellean y se proyectan en el bastidor á la manera de hojas de helechos. Es más que probable que muy pocas de las personas aquí presentes tuviesen una idea de las bellezas que encierra un pedazo de hielo ordinario, y sin embargo, la naturaleza esparce con mano pródiga bellezas análogas por el mundo entero. Cada uno de los átomos de la capa sólida que cubre los lagos helados del Norte se ha fijado en virtud de esta misma ley. La naturaleza dispone sus rayos con armonía, y la misión de la ciencia consiste en purificar nuestros órganos lo bastante para que podamos apreciar sus acordes.»

El examen de las figuras de la nieve produce impresiones no menos vivas sobre la existencia de la geometría, del Número y de la Belleza en las obras de

LAS FIGURAS DE LA NIEVE: CRISTALIZACIÓN GEOMÉTRICA

la Naturaleza. «No tan sólo se han podido descubrir y dibujar en los leves copos de nieve algunas flores de hielo como las precedentes, sino que *pasan de un centenar* las especies diferentes, todas ellas formadas con arreglo al ángulo fundamental de 60°. El capitán Scoresby en sus viajes á los mares polares ha estudiado y dibujado un total de 96 en una notable lámina que reproducimos en la página anterior. Kaemtz asegura que, además de estas 96 combinaciones diferentes del mismo ángulo, él ha observado por su parte otras veinte, añadien-

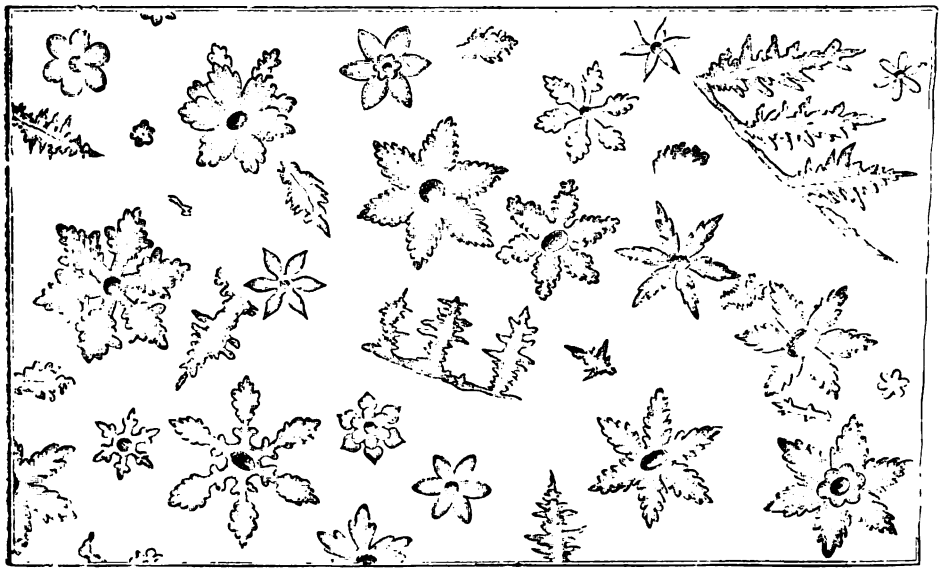


Fig. 2. – Flores del hielo desprendidas por la fusión

do que las variedades ascienden probablemente á muchos centenares. «¡Quién no admirará, exclama, el infinito poder de la Naturaleza, que ha sabido crear tantas formas diversas en cuerpos de tan reducido volumen!» (*Meteorología*, traducción de C. Martins, pág. 21).

La primera forma que aparece en la lámina de la página anterior es la más frecuente; tiene por lo común 2 milímetros de diámetro, y se produce cuando la temperatura está próxima á cero.

Los hexaedros no exceden de 3 décimos de milímetro, formándose cuando los fríos son más intensos. Los copos de núcleos y agujas ramificadas se producen solamente á temperaturas inferiores en muchos grados á cero, y miden de 4 á 5 milímetros de diámetro.

Cuanto más intenso es el frío, más fina es la nieve. En las regiones polares y con una temperatura de 20° bajo cero, se presenta en estado de polvo, caso que ocurre algunas veces en nuestras latitudes: durante el invierno de 1829-30

cayó en Iverdún (Suiza), el 1.° de febrero, esa nieve llamada polar, con un frío de 20°.

En algunas ocasiones caen nevadas terribles. El año 1850 se hizo memorable en Europa por esta circunstancia. La nieve adquirió un espesor de 45 pies en el monte de San Bernardo, de suerte que los religiosos se vieron obligados á practicar una senda á través de sus capas amontonadas, para poder salir del convento. Toda el Atica quedó cubierta hasta la altura de un metro; ni los más ancianos conservaban memoria de otro fenómeno semejante; los montes Himeto, Pentélico y Parnés formaban, juntamente con la extensa llanura de los Olivos, una sábana blanca y ondulada. Cayó con mucha abundancia en las calles

Fig. 3. – Copos amorfos y cristales de nieve, según A. Landrin

de Nápoles, en las Ardenas, en el Luxemburgo, en Córcega y en Constantinopla; interrumpiéronse las comunicaciones por espacio de muchos días, y en los caminos se encontraron muchas personas heladas.

En Siberia y en las regiones boreales, las tempestades de nieve son mucho más espantosas y funestas que la intensidad del frío. Estos temporales, dice Humboldt, duran de uno á tres días, y la atmósfera se obscurece á causa de la masa de nieve que cae, ó que levanta del suelo la violencia del viento. En 1827, todos los rebaños de la tribu de los kirguises, entre el extremo del Ural y el Volga, fueron arrastrados por un temporal hacia Saratow. En aquella ocasión murieron 280.500 caballos, 30.400 reses vacunas, 10.000 camellos y más de un millón de ovejas.

En los climas templados no se desconocen semejantes desastres, por más que no sean tan terribles. El 8 de enero de 1848 un convoy que iba desde Aumale á Argel se vió sorprendido en las alturas de Sak-Hamondi por una tempestad de nieve que precipitó las acémilas en los barrancos, y en menos de un cuarto de hora causó la muerte de 14 hombres de los 44 que componían la expedición.

La nieve cae á veces en copos tan apiñados que detrás de los primeros tér-

minos forman un velo blanco brumoso que ofusca la vista. Estas intensas nevadas ocurren con frecuencia en las mesetas elevadas del Asia ó de los Andes, donde las caravanas las han observado á menudo conforme las representa la figura 5. En poco tiempo desaparecen los caminos bajo el movible sudario que los oculta, se hace difícil la orientación, y así como los viajeros se extravían en el San Bernardo ó en las llanuras francesas, cuando les sorprende una de las nevadas de nuestras comarcas, para dormir el último sueño, así también, duran-

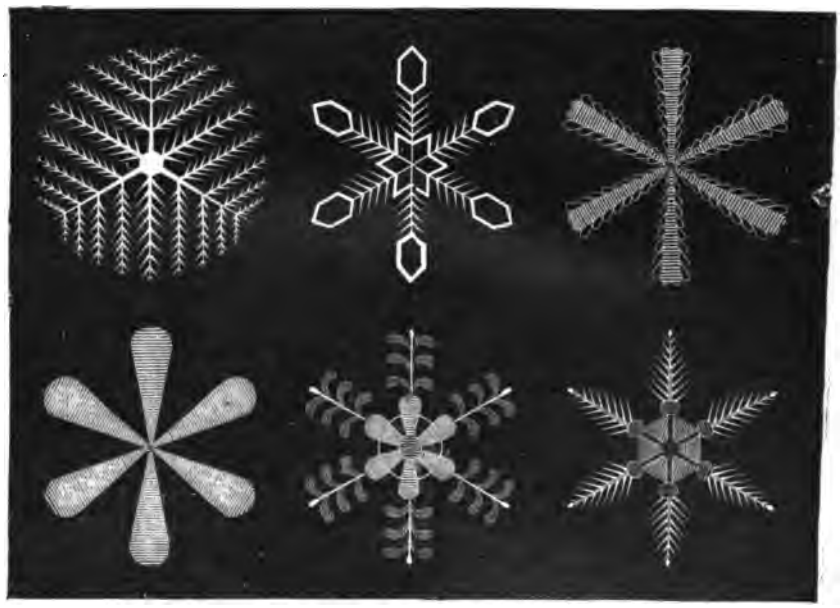


Fig. 4. – Formas cristalinas de la nieve, según Musschenbroeck

te las nevadas más frecuentes de aquellas mesetas, el viajero se detiene, perdido el rumbo, cae en algún barranco si vuelve á buscar su camino, queda aletargado si intenta descansar, y á menudo encuentra la muerte cuando procura librarte del terrible meteoro que le sepulta.

Se ha probado á determinar la densidad de la nieve, obteniéndose resultados diversos. Sedileau averiguó que al fundirse se reduce á un volumen cinco ó seis veces menor. La Hire midió una cantidad de nieve que se había reducido á la duodécima parte de su volumen al pasar al estado líquido. Musschenbroeck afirma haber visto en Utrecht una nieve veinte veces más ligera que el agua. Posteriormente á las investigaciones de estos físicos, no tenemos más observaciones especiales que las de M. Quetelet, de las cuales resulta que la densidad de la nieve se puede considerar por término medio como la décima parte de la del agua: en virtud de esta apreciación, se puede calcular con bastan-

exactitud la altura de la nieve caída en las circunstancias más notables.

La nevada más fuerte que se ha conocido en Bruselas ha sido la de los días 16 y 17 de febrero de 1843; el agua recogida en 24 horas llegó á $18^{mm},21$, y del 15 al 16, á $14^{mm},13$, lo que equivale á más de $0^{m},32$ de nieve en 48 horas. El

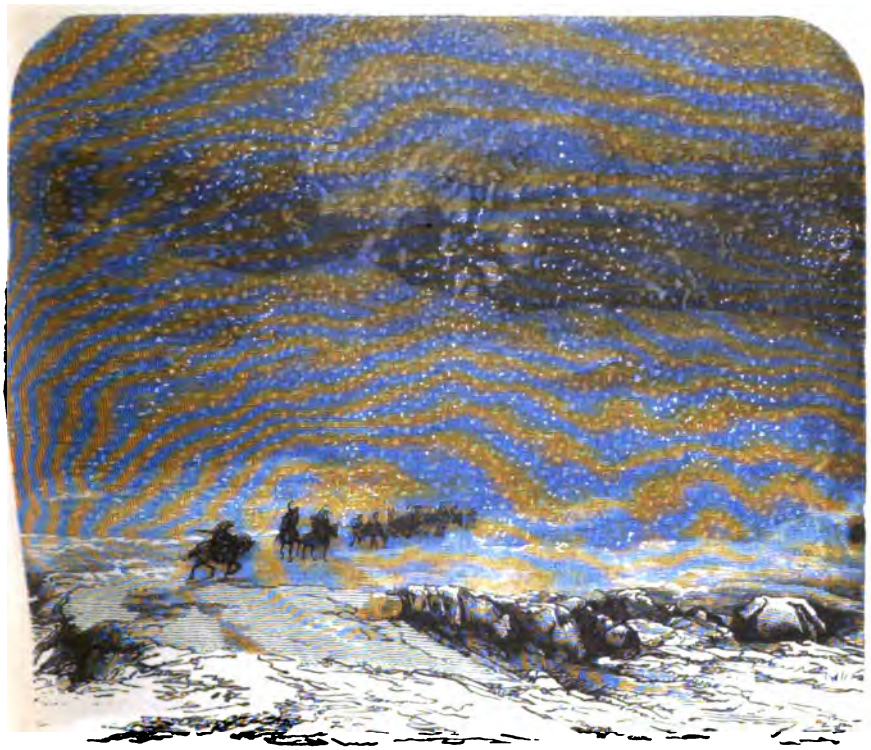


Fig. 5. – Una nevada en los Andes

viento soplaba del NE.; el termómetro se mantenía bajo cero y el barómetro estaba muy bajo: 735 milímetros.

En enero de 1870, la nieve llegó á 1 metro y hasta $1^{m},30$ de altura en Colliure (Pirineos Orientales), en las tierras de M. Naudin, del Instituto. Desde 1804 no se había visto en aquel país una cantidad tan inmensa de nieve, que destruyó por completo los naranjos y los olivos.

En las mañanas de invierno, de otoño y de primavera se forma una nieve muy ligera alrededor de las ramas húmedas de los árboles y en los tallos de las plantas, cuando la temperatura del aire es inferior á cero. Es la *escarcha*, que podría llamarse también rocío helado, y cuyos dibujos, maravillosos á veces, comunican á nuestros paisajes de invierno esa mezcla particular de severidad y de melancolía que los caracteriza. La escarcha se forma especialmente en las

mañanas brumosas, sucediendo á menudo que el Sol no llega á fundir hasta después del mediodía esas ligeras estalactitas vegetales depositadas por la humedad atmosférica. La formación de la escarcha ó del hielo blanco se explica por la teoría del rocío, de que hablaremos más adelante.

Las tempestades originan á veces una lluvia de nieve más densa y más fina que la ordinaria, llamada nevisca y formada de gotas de agua helada que probablemente no salen de las nubes en estado de nieve, sino que se hielan al caer, sin presentar las formas simétricas que hemos admirado en los copos de nieve. Tal vez no sean otra cosa sino nieve dispersada por golpes de viento bruscos y cálidos. Obsérvase principalmente este fenómeno al fin del invierno y en los aguaceros de marzo. Dicha clase de nieve entra en la clasificación de los meteoros acuosos producidos por el frío. El granizo, que se asemeja á ella, aunque más en grande, se diferencia, no obstante, por su origen; ya lo estudiaremos más adelante en los correspondientes capítulos que hemos de dedicar á las lluvias y tempestades.

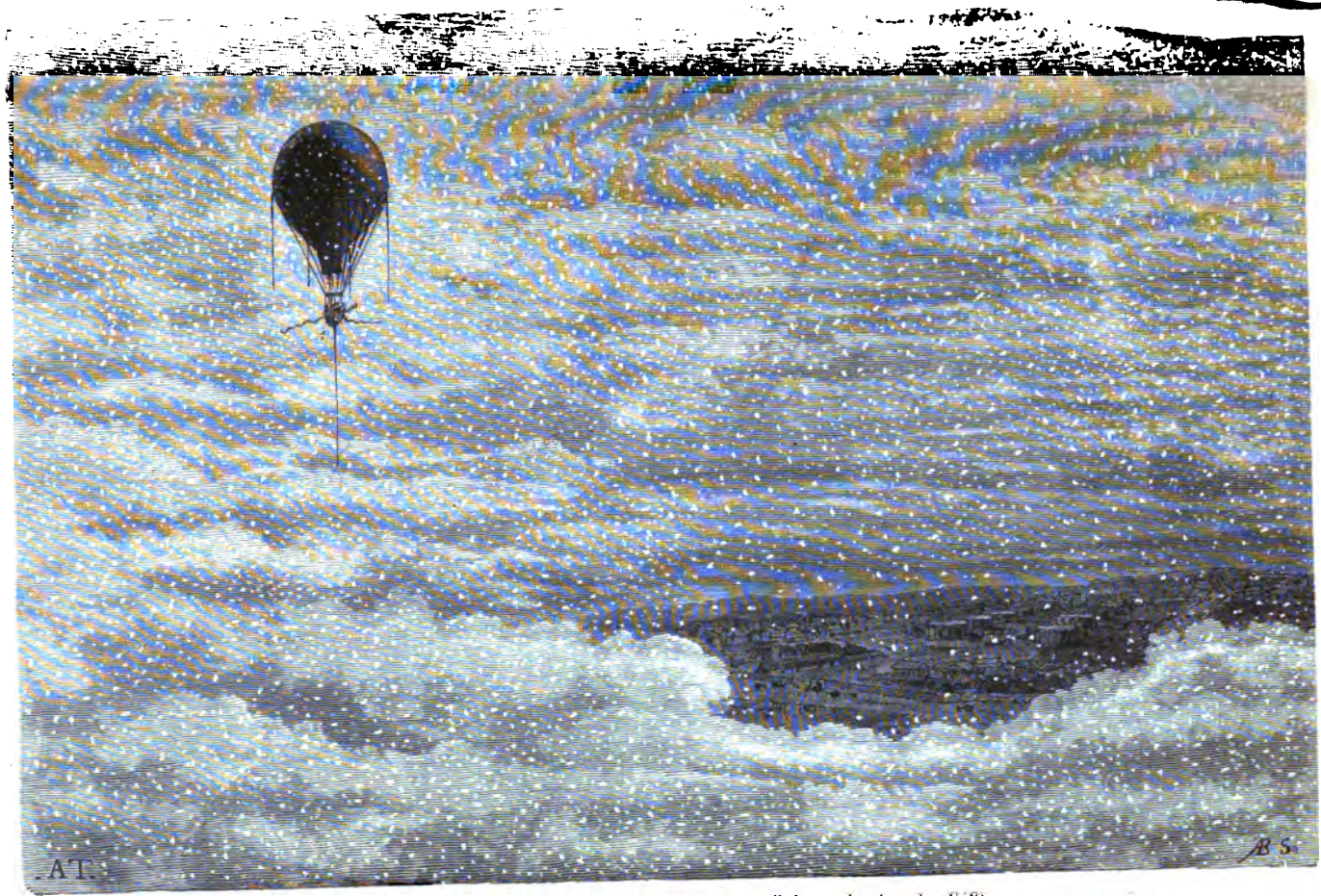
Cuando la lluvia llega en estado líquido á un suelo que se encuentra á una temperatura inferior á la del hielo, se congela cubriendo el terreno de una capa resbaladiza que se extiende á menudo á las plantas y á todos los objetos en él existentes. Esta capa se llama comúnmente *aguanieve*, observándose dos ó tres días en cada invierno, en París y no tan rara vez en el campo, cuyo suelo tiene siempre una temperatura inferior al de las grandes ciudades.

Algunas veces el aguanieve toma proporciones que dejan estupefacto. En los días 22, 23 y 24 de enero de 1879 se observó en diversas regiones de Francia, principalmente en el bosque de Fontainebleau, donde causó estragos por muchos miles, una aguanieve verdaderamente extraordinaria. Ciertas hojas de arbustos fueron cargadas de un peso de agua helada igual á cincuenta veces el suyo propio; los tallos de las ramas fueron rodeados de una vaina enorme cuyo peso as rompió; árboles de 2 metros de círculo y de 20 á 30 de altura se hundieron bajo semejantes masas. Por todas partes se oían siniestros crujidos. Esta aguanieve fué debida á la lluvia helada (bajo cero) que se solidificaba al tocar los cuerpos, aunque el termómetro estuviese á 2 grados sobre cero.

Pasemos ahora al principal fenómeno del invierno, á la formación del hielo.

Cuando la temperatura se mantiene durante algún tiempo inferior á cero, las aguas *tranquilas* se hielan por su superficie. Una insignificante arruga empieza á poner mate esta superficie, formándose primeramente una tenue película que aumenta y blanquea si el frío continúa. Explícase la teoría por sí misma, en virtud del equilibrio de las capas de agua de diversas temperaturas y de diferentes densidades.

Si se echan revueltos en una misma vasija líquidos de distintas densidades, pero que no tengan ninguna afinidad química, el más pesado acaba por ir al fondo y el más ligero á la superficie.



EFECTO DE UNA NEVADA EN EL ESPACIO (8 de noviembre de 1868)

Todos los cuerpos aumentan de densidad á medida que disminuye su temperatura. Unicamente el agua ofrece una excepción singular de esta regla en una pequeña extensión de la escala termométrica. Tomemos agua á 10° centígrados; enfriémosla gradualmente, y á 9° advertiremos más densidad que á 10, á 8 más que á 9, á 7 más que á 8, y así sucesivamente hasta 4°. Al llegar á este límite la condensación cesará, y al pasar de 4° á 3°, se manifestará una diminución de densidad apreciable, la cual continuará cuando la temperatura baje de 3 á 2, de 2 á 1, y de 1 á cero. En resumen, el agua tiene un máximo de densidad que no coincide con el término de su congelación y que está á 4° sobre cero.

Ahora es ya sumamente sencillo determinar el modo como se verifica la congelación del agua estancada.

Supongamos que en el momento en que el viento Norte ocasiona las heladas, el agua se halle en toda su masa á 10°. El enfriamiento del líquido por el contacto del aire glacial se efectúa del exterior al interior. La superficie que, según nuestra hipótesis, estaba á 10°, pasará en breve á 9°; pero á esta temperatura, el agua es más pesada que á 10°, y por consiguiente caerá al fondo de la masa, siendo substituída por una capa aún no enfriada, cuya temperatura está á 10°. Esta sufrira á su vez la suerte de la primera capa, y así sucesivamente, de suerte que al cabo de un espacio de tiempo más ó menos largo la masa entera de agua estará á 10°.

El agua á 9° se enfriará precisamente como la de 10°, esto es, por capas sucesivas, cada una de las cuales irá á la superficie con idénticas circunstancias á 8, 7, 6 y 5°; pero tan luego como se llegue á 4°, variará por completo.

En efecto, á dicha temperatura el agua habrá llegado á su densidad máxima. Cuando la acción atmosférica haya robado un grado de caior á su capa superficial, cuando la haya puesto á 3°, dicha capa será menos densa que la masa cubierta por ella, y por consiguiente, no se hundirá, aunque disminuya nuevamente el calor, puesto que á 2° el agua es más ligera que á 3°, etc.

Permaneciendo siempre en la superficie exterior expuesta á la acción refrigerante de la Atmósfera, la capa en cuestión perderá en breve los cuatro grados primitivos de su calor, acabando por llegar á cero y congelarse. Resulta de aquí que la capa de hielo se encuentra colocada sobre una masa líquida, cuya temperatura, á lo menos en el fondo, es de 4° sobre cero.

La congelación del agua tranquila no puede tener lugar de otro modo.

Los ríos y las *aguas corrientes* no se hielan por la superficie como las tranquilas, sino por la reunión y adherencia de los témpanos flotantes arrastrados durante los días de grandes fríos.

En las corrientes de agua de corta extensión, como los arroyos de algunos metros de anchura, el hielo empieza á formarse á lo largo de cada orilla, se extiende poco á poco y acaba por llegar al medio.

En los ríos, el hielo formado en las orillas no puede extenderse tan fá-

cilmente á causa del movimiento de la masa de las aguas, y nunca podría restirlo ni alcanzaría á cubrir enteramente el río, si no se formaran grandes placas de hielo *en el fondo* del mismo, cuyas placas, irregulares y desprendidas, suben en breve á la superficie en razón de su menor densidad.

El agua no se halla dispuesta en capas sucesivas de densidad desigual en

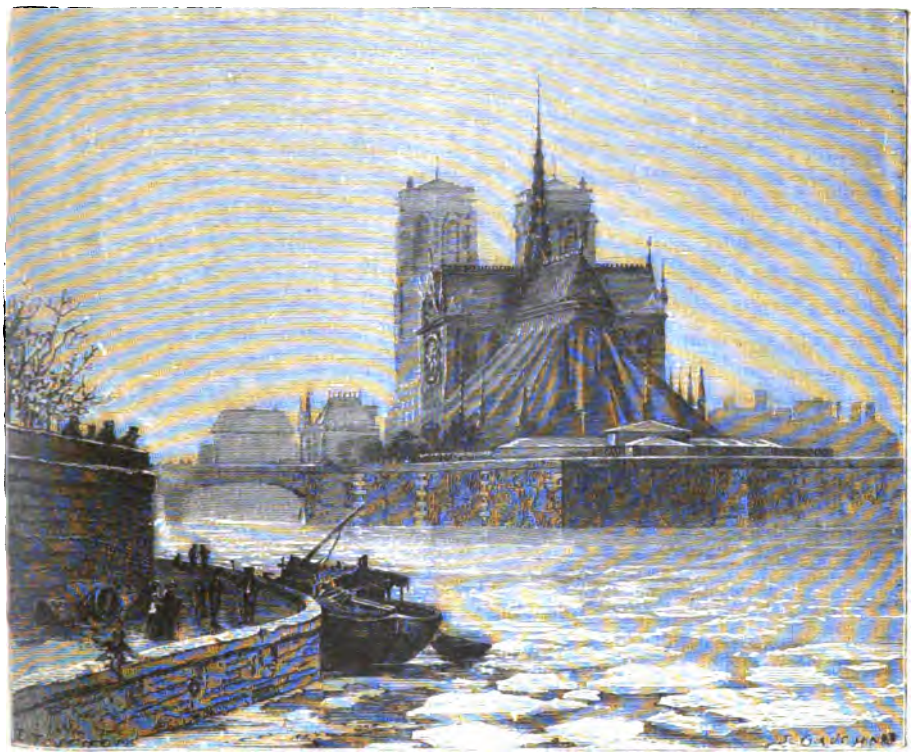


Fig. 6. - El Sena arrastrando témpanos de hielo

las corrientes cuyo movimiento incesante origina remolinos y cascadas. En este caso, el agua menos densa no flota constantemente á la superficie, pues las corrientes la precipitan en la masa, á la que pasa á enfriar y que no tarda en adquirir por todas partes una misma temperatura.

Mientras que en una masa de agua estancada el fondo no puede bajar de 4°, en la misma masa agitada, la superficie, el centro y el fondo pueden hallarse simultáneamente á cero.

Cuando existe esta uniformidad de temperatura, la congelación empieza por el fondo y no por la superficie. ¿Qué razón hay para ello? Veamos lo que contesta Arago:

«Para apresurar la formación de cristales en una disolución salina, basta introducir en ella un cuerpo puntiagudo ó de superficie desigual: alrededor de las asperezas de este cuerpo es donde los cristales se forman y crecen con mucha rapidez. Todo el mundo puede cerciorarse de que sucede lo mismo con los cristales de hielo, y de que si la vasija en la que se quiere ver cómo se efectúa la operación tiene una resquebrajadura, una prominencia, una solución cualquiera de continuidad, estas irregularidades serán otros tantos centros en torno de los cuales se agruparán con preferencia los filamentos de agua solidificada.»

Lo que acabamos de decir es precisamente la historia de la congelación de los ríos; ésta tiene lugar en el lecho, donde hay rocas, guijarros, raíces, hierbas, etc.

Otra circunstancia que, según parece, entra por algo en este fenómeno, es el movimiento del agua. En la superficie es muy rápido, muy brusco: por consiguiente, debe haber cierto entorpecimiento para la agrupación simétrica de las agujas, para ese arreglo polar sin el cual no adquirirían regularidad ni solidez los cristales, cualquiera que fuese su naturaleza; dicho movimiento debe romper á menudo los núcleos cristalinos, aunque sean rudimentarios. Si existe el movimiento en el fondo del agua lo mismo que en la superficie, debe estar muy atenuado; y por lo tanto es permitido suponer que su acción no impedirá á la larga que una multitud de pequeños filamentos se adhieran de modo que lleguen á engendrar esa especie de hielo esponjoso.

La congelación de los ríos á causa de la adherencia de los témpanos arrastrados por la corriente es visible para cualquier observador un poco atento; durante el riguroso invierno de 1709, se ha tenido en París la prueba de que esta circunstancia es necesaria para producir la congelación; en aquel año no se heló el Sena; y al contrario de lo que sucedía generalmente en otros inviernos menos rigurosos, la violencia del frío heló de pronto y por completo los riachuelos que desembocan en aquél al Norte de París; así es que el río arrastró pocos témpanos, y el centro de su corriente se mantuvo siempre líquido.

Los ríos no empiezan á congelarse sino con una temperatura de -6^0 próximamente. Los más caudalosos necesitan para helarse de una á otra orilla un frío tanto más intenso cuanto mayor sea su rapidez. A medida que se prolongan los rigores del frío, el espesor de la capa de hielo aumenta, pudiendo adquirir la consistencia suficiente para que puedan pasar sobre él hombres y carros, de suerte que la circunstancia de verificarse estos transportes, es la prueba, casi la medida de la intensidad del invierno. Interesa, por consigniente, conocer e espesor que debe tener el hielo para soportar cargas determinadas. Hase averiguado que se necesitan 5 centímetros para que sostenga un hombre, 9 para que un jinete pase sobre él con seguridad; cuando llega á 13 centímetros, sostiene cañones de á ocho con sus cureñas, y cuando su espesor es de 20 centímetros, resiste el paso de la artillería de campaña con armones y todo. Los

carruajes más pesados, un ejército, una muchedumbre numerosa, pueden andar sin recelo por una capa de hielo cuyo espesor llegue á 27 centímetros.

En 1795 la caballería francesa se apoderó de la escuadra holandesa, que estaba encerrada entre los hielos del Texel. En los inviernos muy rigurosos, el hielo puede alcanzar en Rusia un espesor de un metro; en Francia jamás ha pasado de $0^m,66$. Es tal su resistencia, que en 1740 se construyó en San Petersburgo un elegante palacio de hielo de $16^m,88$ de longitud, $5^m,19$ de anchura y $6^m,49$ de altura; los cimientos del edificio resistieron perfectamente el peso de la techumbre y demás partes superiores. Delante de aquel palacio se colocaron seis cañones de hielo con sus afustes de la misma substancia, y se hicieron disparos con bala. Cada pieza atravesó una plancha de $0^m,054$ de espesor, á sesenta pasos de distancia. Los cañones sólo tenían $0^m,108$ de grueso, y estaban cargados con un cuarterón de pólvora; ninguno de ellos reventó. El río Neva suministró los materiales necesarios para tan singular edificio.

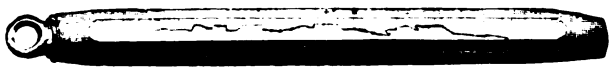


Fig. 7. – Fuerza expansiva del agua congelada. Experimento de Huyghens

En Montreal (Canadá) se construyen con frecuencia (1885, 1887), durante el carnaval, castillos de gala edificados con témpanos de hielo.

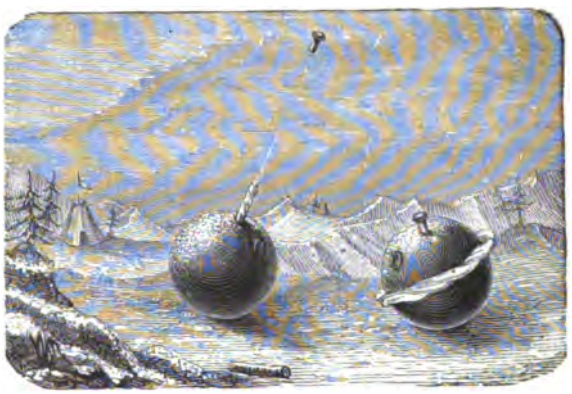


Fig. 8. – Experimentos del mayor Eduardo Williams sobre la fuerza expansiva del hielo

Hemos dicho que cuando el agua se congela aumenta de volumen; la consecuencia y la prueba de esta dilatación está en que rompen las vasijas que la contienen, rotura que se produce tanto más fácilmente cuanto más rápida es la congelación y la vasija más estrecha por su parte superior. Huyghens quiso probar cuán grande es el efecto debido á la congelación, y al efecto tomó un cañón de hierro de un dedo de grueso, lleno de agua y bien cerrado; le abandonó á la acción de una fuerte helada y á las dos horas el cañón estalló con gran estruendo por dos lados. Esta prueba se repite con frecuencia en las cátedras de física, haciendo bajar la temperatura por medios artificiales. Los académicos del Cimento hicieron que se rompieran muchas vasijas por este medio, y Musschenbroeck calcula que en uno de estos casos se

necesitó un esfuerzo de 27.720 libras. En Quebec, el mayor de artillería E. Williams llenó de agua una bomba de 13 pulgadas de diámetro, y después cerró el agujero de la espoleta con un tapón de hierro metido á viva fuerza. Expuso la bomba á un frío enérgico, el agua se heló, despidió el tapón á más de 400 pies de distancia, y salió por el orificio un cilindro de hielo de 8 pulgadas de longitud. En otra prueba, el tapón resistió, pero la bomba se rajó, saliendo por la hendedura una lámina de hielo.

En vista de lo que antecede, no parecerá extraño que el hielo remueva los empedrados y haga que revienten las cañerías, etc. Entonces es cuando, según dice el proverbio, *hiela hasta romperse las piedras.*

Las piedras llamadas heladizas, que se rompen cuando hiela, deben esta propiedad á su porosidad, pues el agua se introduce por sus poros, y congelándose dentro, las hace pedazos. Ciertos vegetales mueren durante el invierno, porque el agua contenida en sus vasos se congela, y al dilatarse desgarra los tejidos. Uno de los ejemplos más desastrosos de esta acción nos lo ofrecen las patatas, ese alimento tan generalizado, y en el que produce el hielo una alteración bastante profunda para modificar su constitución física. Es sabido que por esta causa adquieren un gusto desagradable, que hace que las rechacen hasta los animales, siendo casi imposible sacar de ellas la fécula después del deshielo, por mas que su composición química no se haya alterado.

Completemos este capítulo con una reseña general de los *inviernos más rigurosos.*

Es difícil determinar á qué grado del termómetro conviene limitar la calificación de frío riguroso. Comúnmente nos inclinamos á juzgar el frío que sentimos nosotros mismos con más severidad que aquel que han soportado nuestros antecesores, de suerte que cuando la temperatura desciende aunque no sea más que á 1^0 bajo cero, por ejemplo, creemos muy firmemente que jamás se han sentido fríos tan intensos.

En atención á esto, no consideraremos aquí como inviernos rigurosos sino aquellos cuyo frío es bastante intenso y prolongado para congelar algunas secciones de grandes ríos, como el Sena, el Saona y el Rhin; para solidificar el vino, para destruir los tejidos de ciertos árboles y para producir graves consecuencias en el reino vegetal lo mismo que en el animal.

A continuación enumeramos, entre los inviernos memorables, los que han sido más crudos de cien años á esta parte. Advertiremos ante todo que los más rigurosos de los siglos pasados fueron los de 1544, 1608 y 1709; en este último año el termómetro del Observatorio de París bajó hasta $-23^0,1$. El año 1776 fué también excepcional por los notables fríos que le acompañaron. El Tíber, el Rhin, el Sena y hasta el Ródano, de tan rápido curso, se congelaron casi enteramente. En París se heló el vino en las cuevas, y los toneles se abrieron; oíase en los bosques cómo se hendían los árboles, estallando con estrépito, y

hizo muchos viajeros que murieron de frío en el camino, quedando sepultados bajo el sudario de nieve que cubría el suelo por todas partes.

Después de 1776, llegamos al invierno de 1788-89, precursor de la revolución. Este invierno ha sido uno de los más rigurosos y largos de cuantos hayan azotado á la Europa. El frío empezó en París el 25 de noviembre, y duró, exceptuando un día (el 25 de diciembre, en que dejó de helar), 50 días consecutivos: el deshielo comenzó el 13 de enero, habiéndose medido un espesor de nieve de $0^m,65$. El hielo llegó á $0^m,60$ de espesor en el gran canal de Versalles, en los estanques y en muchos ríos; el agua se congeló también en numerosos pozos muy profundos, y el vino se heló en las bodegas. El Sena empezó á helarse el 25 de noviembre, y durante muchos días se interrumpió su curso, no efectuándose el deshielo hasta el 20 de enero. La temperatura más baja observada en París fué la de $-21^\circ,8$, el 31 de diciembre. El frío no fué menos intenso en los demás puntos de Francia y en toda la Europa. El Ródano se congeló completamente en Lyón, el Garona en Tolosa, y en Marsella se cubrieron de hielo las orillas de la bahía. En las costas del Océano, el mar se heló en una extensión de muchas leguas. En el Rhin fué tan espeso el hielo, que pudieron atravesar el río carros cargados. El Elba quedó completamente congelado, soportando el paso de carretas de transporte. Otro tanto le sucedió al puerto de Ostende, por el cual se pudo pasar á pie y á caballo, habiéndose helado el mar hasta cuatro leguas de distancia de las fortificacinoes exteriores de dicha plaza, á la que no pudo acercarse ningún buque. El Támesis quedó helado hasta Gravesend, seis leguas antes de llegar á Londres, y durante las fiestas de Navidad se establecieron tiendas y barracas sobre el río en Londres y sus inmediaciones.

He aquí las temperaturas más bajas observadas en diferentes localidades:

Basilea (Suiza), el 18 de diciembre	—37°5
Brema (Alemania), el 16 de íd.	—35 6
Varsovia (Polonia), el 18 de íd.	—32 5
Dresde (Alemania), el 17 de íd.	—32 1
Eosberg (Noruega), el 29 íd.	—31 3
San Petersburgo, el 12 de íd.	—30 6
Berlín (Prusia), el 28 de íd.	—28 8
Estrasburgo, el 31 de íd.	—26 3
Tours, —	—25 0
Lons-le-Saulnier, —	—24 0
Troyes, —	—23 8
Orleáns, —	—22 5
Lyón, —	—21 9
Ruán, el 30 de íd.	—21 8
París, el 31 de íd.	—21 8

El frío de este invierno fué muy funesto para los hombres y los animales, alcanzando sus malos efectos á los vegetales. En la comarca de Tolosa, el pan se heló en casi todas las casas, no siendo posible cortarlo sino después de haberlo calentado un poco. Muchos viajeros quedaron sepultados en las nieves, y en

Lemberg (Galitzia) se encontraron treinta y siete personas muertas en tres días á fines de diciembre. Las aves que viven generalmente en el Norte aparecieron en muchas provincias francesas. Murieron los peces en casi todos los estanques á causa de la profundidad á que llegó el hielo.

1794-95. – Este invierno fué sumamente largo y riguroso en casi toda la Europa. En París heló por espacio de 42 días consecutivos; el 25 de enero la temperatura descendió hasta 23° bajo cero. En Londres llegó en el mismo día á su mínimo, siendo de – 13°,3; y á las doce de la noche, en las orillas del Ródano, cerca de Ginebra, á – 14°. El Mein, el Escalda, el Rhin y el Sena se helaron hasta el punto de que los carruajes y diferentes cuerpos de ejército los atravesaron en muchos sitios. El Támesis se congeló desde los primeros días de enero, en los alrededores de White-Hall, á pesar de la altura de la marea. Pichegru envió el 20 de enero destacamentos de caballería y de artillería ligera á Holanda septentrional, *ordenando á la caballería* que atravesara el Texel y se *apoderara de los buques* de guerra holandeses, sorprendidos por el hielo mientras estaban anclados. Los jinetes franceses atravesaron á galope aquellas heladas llanuras, llegaron al costado de las naves, les intimaron la rendición y se apoderaron de ellas sin combate, haciendo prisionera á la armada naval!

1798-99. – El frío fué muy riguroso durante este invierno en toda la Europa. En París hubo 32 días consecutivos de hielo, y el Sena se congeló del todo desde el 29 de diciembre hasta el 19 de enero, en el espacio comprendido entre el puente de la Tournelle y el Palacio Real, pero sin que el hielo tuviese bastante consistencia para que pasaran por él los transeuntes. La temperatura más baja observada fué de – 17°,6 el 10 de diciembre. En Chaillot se cazó un águila de los Alpes. El Mosa, el Elba y el Rhin se helaron más sólidamente que el Sena. Se atravesó el Mosa en carruaje; en la Haya y en Rotterdam se instalaron sobre el río tiendas y toda clase de espectáculos públicos. Un regimiento de dragones procedente de Maguncia atravesó el Rhin por el hielo, en vez de pasarlo por el puente de Cassel, que hubo precisión de levantar.

1812-13. – Este invierno se hizo memorable para siempre á causa de los terribles desastres que sufrió el ejército francés en su retirada á través de las heladas comarcas de Rusia, después del incendio y toma de Moscou. El frío se empezó á sentir muy pronto en toda Europa. La temperatura más baja, no sólo del invierno, sino de los dos años 1812 y 1813, tuvo lugar en todas partes en diciembre. Las primeras nevadas cayeron en Moscou el 13 de octubre; la retirada del ejército empezó el 18. Napoleón salió de la capital del imperio moscovita el 19, y la evacuación completa de la ciudad se efectuó el 23. E ejército se puso en marcha con dirección á Smolensko, sin que hubiera cesado de nevar. Los fríos se hicieron sumamente rigurosos desde el 7 de noviembre; el 9 el

termómetro marcó -15°. El 17, la temperatura bajó á $-26^{\circ},2$, según Larrey, que llevaba uno de dichos instrumentos colgado de un ojal. El valeroso cuerpo del ejército del mariscal Ney se libró del ejército ruso que lo circunvalaba por todas partes, atravesando, según dice Arago, durante la noche del 18 al 19 de noviembre, el Dniéper helado. El día anterior un cuerpo de ejército ruso con su artillería había pasado el Dwina sobre el hielo. Mas el frío se mitigó, y el 24 sobrevino un deshielo, aunque no fué persistente, de suerte que los días 26, 27, 28 y 29, en que se verificó el interminable y trágico paso del Beresina, el agua arrastraba numerosos témpanos sin ofrecer en parte alguna un pequeño vado. El rigor del frío recrudeció en breve; el termómetro volvió á bajar á 25° el 30 de noviembre, á 30° el 3 de diciembre, y á 37° el 6 del mismo mes en Molodeczno, al día siguiente de haber salido Napoleón de Smorgoni y de separarse del ejército después de redactar el 29.° boletín que anunció á la Francia una parte de los desastres de aquella terrible campaña.

Debemos indicar aquí, como ejemplo de la acción de las temperaturas muy bajas en los seres animados, los efectos del frío riguroso á que se vieron expuestos de repente aquellos soldados, mal vestidos. Primeramente, las espesas nevadas de principios de noviembre sorprendieron al ejército. «Mientras el soldado se esfuerza, dice M. de Segur, en abrirse paso á través de aquellos torbellinos de nieve y de escarcha, los copos de nieve, empujados por la tempestad, se aglomeran y detienen en todas las cavidades; su superficie oculta profundidades desconocidas que se abren á nuestro paso. Allí se hunde el soldado, y los más débiles se acobardan, quedando sepultados. Los que les siguen retroceden, pero la tormenta les azota el rostro con la nieve del cielo y la que levanta de la tierra; sus vestidos empapados, se les hielan en el cuerpo, y esta cubierta de hielo se apodera de sus miembros y entorpece todos sus movimientos. Un viento agudo y violento les corta la respiración; apodérase de ella en el momento en que la exhalan, y la transforma en carámbanos de hielo que quedan suspendidos de la barba alrededor de la boca. Los infelices procuran continuar su marcha tiritando, hasta que la nieve, que se les adhiere á la planta de los pies en forma de piedras, cualquier objeto, una rama ó el cuerpo de uno de sus compañeros, les hace tropezar y caer.

»Una vez en el suelo, en vano es que giman: la nieve los cubre al momento, y después, algunas ligeras eminencias indican el sitio donde están sus cuerpos: ¡aquella es su sepultura! Todo el camino está lleno de semejantes ondulaciones como un campo fúnebre. Así los más intrépidos como los más indiferentes no pueden menos de sentirse afectados, y pasan rápidamente volviendo el rostro. Pero delante de ellos y á su alrededor todo es nieve; su vista se pierde en aquella inmensa y triste uniformidad; su imaginación se extravía; aquello parece un gran sudario con que la naturaleza envuelve al ejército. Los únicos objetos que allí se destacan son sombríos abetos, árboles sepulcrales con su fúnebre verdor, la gigantesca inmovilidad de sus negros troncos y la gran tristeza

que completa aquel aspecto desolado de un luto general, de una naturaleza salvaje y de un ejército moribundo en medio de una naturaleza muerta. Todo, hasta sus propias armas, poco ha tan ofensivas, pero ahora solamente defensivas, se vuelve contra ellos; el peso de éstas es insoportable para sus brazos entumecidos; en las frecuentes caídas que dan se les escapan de las manos y se rompen ó se pierden en la nieve. Los que se levantan, no se cuidan de recogerlas, pero no porque las arrojen voluntariamente, sino porque el frío y el hambre se las arranca. Helábanseles los dedos sobre el fusil, y sin embargo seguían sosteniéndolo, á pesar de que les privaba del movimiento necesario para conservar en ellos un resto de calor y de vida.»

M. Renato Bourgeois, cirujano mayor del grande ejército, ha descrito en los siguientes términos los atroces sufrimientos causados por aquellos fríos:

«Los zapatos de los soldados, quemados por la nieve, se estropearon muy pronto, por lo cual tuvieron éstos que ponerse en los pies trapos, pedazos de mantas y pieles de animales, sujetándoselos con cordeles. El frío helaba al poco tiempo las partes que quedaban descubiertas, y lo que hacía sus estragos más funestos aún, era que al llegar los soldados donde había fuego para calentarse, acercaban imprudentemente á él los miembros enfriados, que por haber perdido su sensibilidad, no advertían la impresión del calor que los consumía; así, pues, lejos de experimentar el consuelo que se buscaba, la acción repentina del fuego excitaba vivos dolores y producía rápidamente la gangrena.

»Habíanse embotado todas las facultades en la mayor parte de los soldados, que viendo por otra parte inevitable su muerte, no hacían el menor esfuerzo para substraerse á ella. Eran muchos los que habían caído en un verdadero estado de demencia, viéndoseles los ojos fijos y la mirada torva; andaban como autómatas en el más profundo silencio, y ni los mayores ultrajes ni siquiera los golpes podían hacerlos volver en sí. Para no sucumbir, era indispensable de todo punto un ejercicio continuo que mantuviera constantemente el cuerpo en un estado de efervescencia y distribuyera el calor natural por igual entre todos los miembros. Si alguno, rendido de cansancio, tenía la desgracia de dormirse, como las fuerzas vitales tan sólo oponían una débil resistencia, establecíase al poco rato el equilibrio entre él y los cuerpos que le rodeaban, y en breve tiempo se helaba la sangre en sus venas, en la acepción rigurosa del lenguaje físico. Cuando había alguno que, abrumado bajo el peso de las privaciones anteriores, no podía sobreponerse á la necesidad de dormir, entonces la congelación se extendía á todo su cuerpo, y pasaba sin advertirlo de aquel sopor letal á la muerte.....

»Sorprendidos los quintos que acababan de incorporarse al gran ejército por la acción repentina del frío, no pudieron resistir tan acerbos padecimientos y murieron en su mayor parte; pero no de cansancio ni de inacción, sino de frío únicamente. Veíaseles primero tambalearse algunos momentos, y andar con inseguro paso, como si estuvieran embriagados: se les ponía el rostro tan encen-

ñdo y tan hinchado, que no parecía sino que toda la sangre se les hubiera subido á la cabeza. A los pocos instantes quedaban enteramente entumecidos y exhaustos de fuerzas: sus miembros estaban como paralizados, y no pudiendo sostener sus brazos, los abandonaban á su propio peso, dejándolos caer á lo largo del cuerpo; entonces se les escapaban los fusiles de las manos; vacilaban sus piernas, y, por último, caían, después de haber agotado todo su vigor en esfuerzos impotentes..... En el momento en que se sentían desfallecer, sus ojos se llenaban de lágrimas, y parecía que habían perdido completamente la sensibilidad, á juzgar por su aspecto atónito y alelado; pero el conjunto de su fisonomía y la forzada contracción de los músculos de la cara revelaban la intensidad de los agudos dolores que sufrían. Tenían los ojos sumamente encendidos, y la sangre, trasudando á través de los poros, brotaba á gotitas por la membrana que tapiza la parte interior de los párpados.»

El agua helada en que hubieron de meterse más de una vez muchos soldados para atravesar torrentes ó ríos no congelados en su totalidad, produjo enfermedades particulares cuyo resultado fué casi siempre mortal. De este modo murió en Kœnigsberg, á fines de diciembre, el ilustre general Eblé, que había salvado los últimos restos del ejército al pasar el Beresina; de los cien pontoneros que bajo su dirección se metieron en el agua para construir los puentes, sólo quedaron doce; de los otros trescientos que les ayudaron en aquel trabajo heroico, apenas se salvó la cuarta parte..... Y en tanto que 450.000 hombres morían de esta suerte, Napoleón regresaba á París en un carruaje muy abrigado, asegurando que jamás se había encontrado mejor.

Pero desechemos tan tristes recuerdos y prosigamos nuestra lista de los inviernos memorables.

1819-20. – El frío fué muy vivo durante este invierno en toda Europa, aunque sus rigores extremados no duraron mucho tiempo. En París heló por espacio de 47 días, 19 de ellos consecutivos, desde el 30 de diciembre hasta el 17 de enero. El mínimo de temperatura fué de $-14^{\circ},3$ el 11 de enero. Helóse completamente el Sena desde el 12 al 19 de dicho mes. El Saona, el Rhin, el Danubio, el Ródano, el Garona, el Támesis y las lagunas de Venecia se congelaron de tal suerte que se pudo pasear sobre el hielo. Las temperaturas más bajas observadas en diferentes ciudades fueron las siguientes:

San Petersburgo, el 18 de enero	—32°0
Berlín, el 10 de íd.	—24 4
Maestricht, el 10 de íd.	—19 3
Estrasburgo, el 15 de íd.	—18 8
Commercy (Mosa), el 12 de íd.	—18 8
Marsella, el 12 de íd.	—17 5
Metz, el 10 de íd.	—16 3
Mons, el 11 y 15 de íd.	—15 6
París, el 11 de íd.	—14 3

La intensidad del frío se anunció en Francia por el paso, á lo largo de la costa de Calais, de un gran número de aves procedentes de las regiones más boreales, y de cisnes y patos silvestres de variados plumajes. Muchos viajeros murieron de frío, y entre ellos un labrador del Paso de Calais, cerca de Arrás; un guardabosque cerca de Nogent, en el Alto Marne; una mujer y un hombre en el departamento de la Costa de Oro; dos viajeros en el camino de Breuil, departamento del Mosa; una mujer y un niño en el camino de Etain á Verdún; seis individuos en el distrito de Château-Salins (Meurthe), y dos muchachos saboyanos en el camino de Clermont á Chalóns sur-Saone. Durante los experimentos hechos el 10 de enero en la escuela de artillería de Metz para probar la resistencia del hierro á temperaturas bajas, se les helaron las manos ó las orejas á muchos soldados.

1829-30. – Este invierno fué el más precoz y prolongado del primer tercio del siglo XIX: su duración se hizo sentir de un modo funesto para la agricultura en las comarcas meridionales. Sus rigores, sin ser extremados, se extendieron á toda Europa; congelóse un gran número de ríos, yendo acompañado el deshielo de desastrosas avenidas y de grandes inundaciones; murieron muchos hombres y animales, y las faenas agrícolas estuvieron largo tiempo suspendidas. He aquí las principales temperaturas observadas:

San Petersburgo, el 19 de diciembre	—32°5
Mulhouse, el 3 de febrero	—28 1
Basilea, el 3 de íd.	—27 0
Nancy, el 3 de íd.	—26 3
Epinal, el 3 de íd.	—25 9
Aurillac, el 27 de diciembre	—23 6
Estrasburgo, el 23 de febrero	—23 4
Berlín, el 23 de diciembre	—21 0
Metz, el 31 de enero	—20 5
Pau, el 27 de diciembre	—17 5
París, el 17 de enero	—17 2

En las localidades elevadas de Suiza el frío fué excesivo. En Friburgo heló 118 días, 69 de ellos consecutivos, habiendo llegado la temperatura mínima á – 18°,5. En las llanuras, como, por ejemplo, en Iverdún, se percibió un efecto muy marcado de irradiación: el termómetro descendió en pocas horas de 10° á 20°. Vióse también caer la nieve llamada *polar*, de cristalización poco compacta, propia de las temperaturas muy bajas.

La prolongada congelación del Sena y su deshielo llamaron la atención pública en alto grado. El río permaneció helado la primera vez desde el 28 de diciembre hasta el 26 de enero, es decir, por espacio de 29 días; la segunda, desde el 5 al 10 de febrero; en junto 34 días, ó sea tanto tiempo como en 1763; en el Havre se heló el 27 de diciembre, y el 18 de enero se estableció en Ruán una feria sobre el hielo. El 25 de enero, después de seis días de des-

helo, los témpanos que bajaban de Corbeil y de Melún se detuvieron en el puente de Choisy y formaron una muralla de 5 metros de altura.

1840-41. – Durante este invierno heló en París 59 días, y de ellos 27 consecutivos. Los fríos empezaron el 25 de diciembre y duraron, con una interrupción desde el 1.° al 3 de enero, hasta el 10 de este mes. Las heladas se reprodujeron desde el 30 de enero al 10 de febrero. El 3 de este mes todavía marcaba el termómetro – 9°,2. El 16 de diciembre empezó ya el Sena á arrastrar abundantes témpanos, que obstruyeron uno de los arcos del Puente Real; en la noche del mismo día se paralizó su curso en el puente de Austerlitz, y se congeló desde el puente Marie hasta Charentón; al día siguiente helóse hasta el puente de Nuestra Señora, y el 18 se pudo atravesar entre Bercy y la estación del camino de hierro. Los témpanos amontonados tenían en muchos sitios dos metros de espesor.

El 15 de diciembre tuvo lugar en París la entrada solemne por el arco de triunfo de la Estrella de las cenizas del emperador Napoleón, trasladadas desde Santa Elena. En dicho día el termómetro había marcado en los sitios expuestos á la irradiación nocturna – 14°. Una inmensa muchedumbre, las legiones de la guardia nacional de París y de los pueblos inmediatos y muchos regimientos de tropa permanecieron desde por la mañana hasta las dos de la tarde en los Campos Elíseos. Todo el mundo padecía cruelmente á consecuencia del frío, y hubo algunos guardias nacionales y obreros que pretendieron entrar en calor bebiendo aguardiente, pero se helaron y murieron víctimas de una congestión inmediata. A otras personas les perdió su curiosidad, pues habiéndose encaramado á los árboles para contemplar mejor el cortejo, sus extremidades entumecidas por el frío no pudieron sostenerles, y cayendo de las ramas se mataron.

He aquí las temperaturas más bajas observadas en diferentes puntos durante este invierno:

Monte de San Bernardo, el 22 de enero.	—28°3
Ginebra, el 10 de íd..	—17 8
Metz, el 17 de diciembre.	—15 3
París, el 17 de íd..	—13 2
París, el 8 de enero.	—13 1

1853-54. – Este invierno presentó los caracteres de un invierno riguroso de las regiones templadas de Europa. Duró desde noviembre hasta marzo, y ocasionó la congelación de muchos ríos. Hubo fríos intensos en muchas regiones, á pesar de lo cual fué provechoso más bien que nocivo para la agricultura.

He aquí las temperaturas más bajas observadas en diversos sitios:

Clermont, el 26 de diciembre..	—20°0
Chalóns-sur-Marne, el 26 de íd.	—20 0
Lilla, el 26 de íd.	—18 0
Kehl, el 26 de íd..	—17 6

Metz, el 27 de diciembre	—17 5
Bruselas, el 26 de íd.	—16 1
Lyón, el 30 de íd.	—14 6
París, el 30 de íd.	—14 0

El invierno del año siguiente, 1854-55, se presentó asimismo riguroso, sobre todo en la Rusia meridional, en Dinamarca, Inglaterra y Francia. Su duración fué inusitada. Las heladas empezaron en octubre en el Este de la Francia, y se prolongaron hasta el 28 de abril en la misma región. El Loira empezó á arrastrar témpanos el 17 de enero, y detuvo su curso el 18. El Sena los arrastró el 19, pero no se paralizó su corriente. El Ródano los arrastró el 20, y el Saona se congeló el mismo día. El Rhin se heló enteramente en Manheim el 24 y se pudo atravesar á pie.

He aquí el cuadro de las temperaturas más bajas observadas:

Vendome, el 20 de enero	—18°0
Clermont, el 21 de íd.	—17 0
Bruselas, el 2 de febrero	—16 7
Turín, el 24 de enero	—16 5
Metz, el 29 de íd.	—16 0
Estrasburgo, el 29 de íd	—16 0
Montpeller, el 21 de íd.	—16 0
Lilla, el 2 de febrero	—13 8
París, el 21 de enero	—11 3
Tolosa, el 20 de íd.	—10 7

El invierno de 1857-58 presentó el tipo de un invierno medianamente riguroso de la zona templada. El Sena arrastró témpanos en París el 5 de enero; el pequeño brazo de la Cité se heló el 6. El Loira, el Cher, el Nievre, el Ródano, el Saona y el Dordoña se helaron en muchos puntos, y otro tanto sucedió en enero con el Danubio y los puertos rusos del mar Negro.

Las temperaturas más bajas observadas son las siguientes:

El Puy, el 25 de enero	—14°4
Clermont, el 7 de íd.	—14 0
Bourg, el 29 de íd.	—12 5
Vendome, el 6 de íd.	—11 0
Lilla, el 7 de íd.	—10 0
París, el 7 de íd.	— 9 0

El invierno de 1864-65 fué más riguroso. El Sena se heló en París, y pudo pasarse por el puente de las Artes. Las temperaturas extremas fueron:

Haparanda, el 7 de febrero	—33°4
San Petersburgo, el 9 de íd.	—28 8
Riga, el 4 de íd.	—25 8
Berna, el 14 de íd.	—15 0
Dunkerque, el 15 de íd.	—12 0
Estrasburgo, el 11 de íd	—11 0

El invierno de 1870-71 se clasificará asimismo entre los rigurosos, á causa de la gran intensidad de los fríos de diciembre y enero, no obstante la temperatura verdaderamente primaveral de febrero, y á causa también de la influencia fatal de dichos fríos en la mortalidad pública, al terminar la odiosa guerra que nos dirigió. La gran corriente ecuatorial, cuyo soplo llega generalmente hasta Noruega, se detuvo aquel año en Portugal y España; el viento dominante fué el Norte. El 5 de diciembre hizo en París un frío de 6° bajo cero; el 8 del mismo mes – 8° en Montpeller. Desde el 22 de diciembre hasta el 5 de enero hubo un nuevo período de frío; en París, el Sena presentó témpanos, amenazando congelarse enteramente, habiendo marcado el termómetro – 12°,4, el 24 y en Montpeller – 16° el 31. Todo el mundo sabe que en las cercanías de París se HELARON muchos soldados que estaban de centinela en las avanzadas y cierto número de heridos recogidos al cabo de *quince* horas. Desde el 9 al 15 de enero hubo otro período de frío, llegando el 15 á – 8° en París, y á – 16° en Montpeller. Lo más extraño fué que hizo más frío en el Mediodía que en el Norte de la Francia. En Montpeller hubo 40 días de heladas, en París 43 y en Bruselas 47 durante los dos citados meses. Por último, la temperatura media del invierno (diciembre, enero y febrero) fué 1°,83 en París, al paso que el promedio general llegó á 3°,26. También fué muy riguroso este invierno en el Norte de Europa, por más que el frío se dejara sentir en fechas distintas de las anteriores. El 12 de febrero fué de – 22° en Copenhague.

Mínima de los días 25 y 26 de diciembre de 1871:

París	– 12°0
Perigueux	– 23 0
Moulins	– 25 0
Le Puy (Alto Loira)	– 25 5

Días de helada en París, 52.

El invierno de 1871-72 no figurará entre los rigurosos, á pesar del extraordinario frío del 9 de diciembre, porque esta corriente glacial no ha hecho más que pasar en medio de una estación relativamente templada. El promedio del último invierno ha sido, en efecto, de 3°,9 en París.

Aquella extraña corriente que se dejó sentir en la mañana del 9 de enero heló el vino en las cuevas, rompió árboles, destruyó viñas enteras en pocas horas é hizo bajar el termómetro á insólitas temperaturas en las localidades siguientes (las cifras se han entresacado cuidadosamente y comprobado después):

Mínima del 9 de diciembre de 1871.

La Jacqueminière (Loiret)	– 27°5
Vichy (Allier)	– 27 0
Montbeliard (Doubs)	– 26 9
Nemours (Sena y Marne)	– 26 0
Epinal (Vosgos)	– 25 6

Reims (Marne)	−25 5
Montargis (Loiret)	−25 5
Aubervilliers (Sena)	−24 4
Montsouris (París)	−23 7
Doulevant (Alto Marne)	−22 2
Observatorio de París	−21 5

El invierno más frío de este siglo ha sido sin duda el de 1879-1880, y su estudio es tan curioso como instructivo. Por vez primera se ha podido seguir día

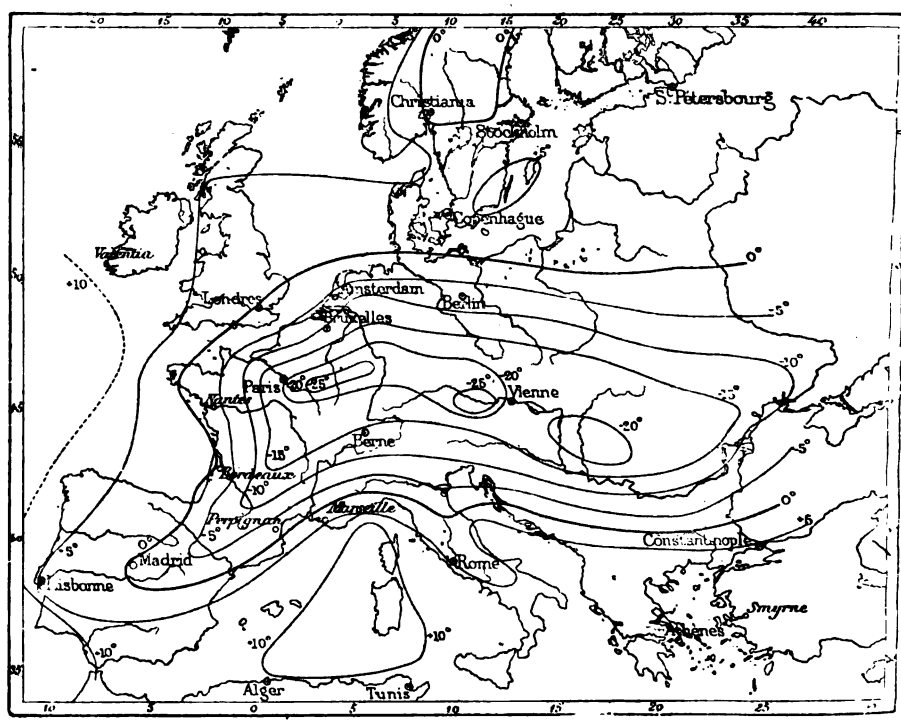


Fig. 9. – Singular distribución de la temperatura el 20 de diciembre de 1879

por día sobre los mapas la distribución del frío correspondiente á los aires de alta presión. Pues lo que podríamos llamar el polo del frío no se encontraba en Rusia, en Siberia ó en las regiones boreales, sino en la misma Francia y en Austria, en nuestros climas templados, entre París y Viena. Considerad, por ejemplo, el mapa sinóptico de la distribución de la temperatura en Europa, el 10 de diciembre, á las ocho de la mañana (fig. 9), en la cual se han unido por medio de curvas los puntos de igual temperatura. El mínimum (—25 grados) se encuentra al Este de París y al Oeste de Viena. En estas regiones el termómetro descendió más aún. Una primera curva de 20 grados rodea al foco del frío; pasa de Charleville á Ruán, Etampes, Orleáns, Dijón, y se remonta hacia Charleville;

la segunda curva de 15 grados rodea la misma zona, pasando por Arlón, Soissons, el Mans, Lyón, Berna; vienen en seguida concéntricamente las curvas de 5 y 0; la línea de cero pasa por Tromsoë, debajo la Suecia, en pleno Norte; por 69 grados de latitud, es decir, 20 grados al Norte de París, por Cristianía, Copenhague, Utrecht, Dunkerque, el Havre, el Océano Atlántico, Bilbao, Niza, Bastia, Nápoles y Constantinopla; ved aquí un hecho curioso: aquel día, en aquella hora (ocho de la mañana), Nápoles tenía la misma temperatura que las costas de Suecia y Noruega, ¡y el polo del frío yacía cerca de París! Un segundo polo del frío aparecía en Cracovia.

Mientras que París sufría un frío de 22 á 26 grados, señalado en los termómetros clásicos, á duras penas helaba en San Petersburgo y en Moscou, donde los termómetros oficiales señalaban á la misma hora sólo 2 y 4 grados bajo cero.

Desde este día hasta fin de año casi no cambió de situación el polo del frío; en lugar de remontar hacia el Norte, oscila ligeramente del Oeste al Este sobre Francia y Alemania, y París queda «privilegiado;» el termómetro descendió aún á 12°,5 el 14 y el 15, á 21°,6 el 17, á 13°,8 el 19 y el 20, á 18° el 21 y el 22, á 16° el 23, á 18°,5 el 21; jamás se había registrado semejante permanencia de mínimas tan extremas en nuestras latitudes.

Estos mapas sinópticos del termómetro y del barómetro son del más alto interés, y podemos considerarlos como los primeros jalones de la verdadera meteorología, de la meteorología científica, de la ciencia del porvenir, de la futura previsión del tiempo.

¿Cuáles son las más bajas temperaturas que se ha podido registrar durante este período de frío? Como lo acabamos de ver, el mínimum se manifestó en Francia y en Alemania, y no en las regiones boreales. He aquí las mínimas principales de la noche del 9 al 10 de diciembre:

Langles	– 30°0
Autún	– 29 0
Lagny	– 28 0
Soissóns	– 28 0
Longueville	– 28 0
Lamortean (Luxemburgo)	– 27 6
Logelbach, cerca de Colmar	– 27 5
Charleville	– 27 0
Breslau	– 26 0
Cassel	– 26 0
Dairlaincourt (Alto-Marne)	– 26 0
Saint-Mauro, cerca de París	– 25 0
Montsouris	– 23 8
Observatorio de París	– 22 0

Estas notas termométricas no son sin duda comparables entre ellas: habría sido preciso saber cómo y en qué condiciones fueron obtenidas: pero los resultados generales no disminuirían; al contrario, es incontestable que este período

de frío es uno de los más rigurosos que los meteorologistas hayan podido registrar.

Los termómetros puestos sobre la nieve y expuestos á la radiación descendieron aún más.

Francia y Alemania fueron cubiertas de una espesa capa de nieve; los principales ríos, el Sena, el Loira, el Esdre, el Aisne, el Yonne, el Oise, el Marne, se helaron, así como el Doubs. En Francia las muertes ocasionadas directamente por el frío se elevaron á más de cincuenta. Desde 1830 habíamos perdido el recuerdo de estos rigurosos inviernos; pero conviene confesar que los efectos del frío fueron aún más terribles en esta época que en la nuestra, por estar menos extendidos las comodidades y los medios de comunicación de que disfrutamos hoy.

Hemos dicho más arriba que la mayor parte de los ríos de Francia se helaron. En el mes de enero, en el momento del deshielo, se produjo en el Loira un fenómeno extraordinario, sin precedente en la historia de Francia y que, según todas las probabilidades, quedará sin renovarse durante siglos; en el momento en que el río se deshelaba y en que los témpanos dislocados y separados empezaban á ser arrastrados por la corriente, sobrevino un nuevo frío que detuvo toda aquella armada en marcha, los témpanos se soldaron unos sobre otros en fantástico caos, y este extraño paisaje polar quedó petrificado como una armada de estatuas (1).

En el invierno de 1879-1880 se contaron en París setenta y cinco días de heladas, de los cuales treinta y tres fueron consecutivos. La temperatura media del diciembre fué de $-7^{\circ},4$, es decir, de 4 grados bajo la normal.

Para que el Sena se hiele en París, es preciso que haga un frío de 9 grados durante muchos días seguidos. Ya hemos indicado más arriba cómo tiene lugar este fenómeno.

Desde el principio del siglo anterior, dicho río se ha helado enteramente doce veces: en enero de 1803; diciembre de 1812; enero de 1820, 1821, 1823, 1830 y 1898; diciembre de 1840; enero de 1854; enero de 1815; diciembre de 1871 y diciembre de 1879.

He aquí las temperaturas más bajas observadas en diferentes poblaciones de Francia después que se las estudia científicamente por el termómetro. Están inscritas, como la lista precedente de las temperaturas más elevadas, yendo de Norte á Sur. He notado todas las que han conseguido cuando menos 20 grados de frío, y solamente éstas, á excepción de París, donde hay diferentes comparaciones (2).

(1) He descrito este extraño espectáculo, tal como lo he observado en la naturaleza, en los primeros cuadros que forman mi obra *En el cielo y sobre la Tierra.*

(2) Véase en el apéndice la tabla de las *más bajas temperaturas* notadas en el Observatorio de París después del año 1700, así como la del número mensual de días en que el termómetro ha sido observado bajo cero en París.

LOS MAYORES FRÍOS OBSERVADOS EN FRANCIA

LUGARES	Latitudes	Longitudes	Altitudes	Datas	Minimum
Douai	50°22′	0°44′ E	24m	28 enero 1776	– 20°,6
Arrás	50°17′	0°26′ E	67m	30 diciembre 1788	– 23°,4
Amiéns	49°53′	0° 2′ W	36m	27 febrero 1776	– 20°,3
San Quintín	49°50′	0°57′ E	104m	28 enero 1776	– 20°,6
Vervins	49°55′	1°34′ E	175m	31 diciembre 1788	– 21°,9
Montdidier	49°39′	0°14′ E	99m	29 enero 1776	– 22°,5
Ruán	49°26′	1°15′ W	37m	30 diciembre 1788	– 21°,8
Clermont (Oise)	49°23′	0° 5′ E	86m	26 diciembre 1853	– 20°,0
Reims	49°15′	1°42′ E	86m	9 diciembre 1871	– 25°,5
Les Mesneux	49°13′	1°37′ E	85m	19 enero 1855	– 20°,2
Metz	49° 7′	3°50′ E	182m	31 enero 1830	– 20°,5
Montmorency	49° 0′	0° 2′ E	183m	enero 1785	– 20°,0
Châlons-Sur-Marne	48°57′	2° 1′ E	82m	31 diciembre 1788	– 20°,6
				26 diciembre 1853	– 20°,0
Goersdorf	48°57′	5°26′ E	228m	27 diciembre 1853	– 21°,8
				25 enero 1795	– 23°,5
				13 enero 1709	– 23°,1
				10 diciembre 1879	– 22°,0
				9 diciembre 1871	– 21°,5
				31 diciembre 1788	– 21°,3
París (Observatorio)	48°50′	0° 0′	65m	6 febrero 1665	– 21°,1
				12 enero 1716	– 19°,7
				29 enero 1776 y 30 diciembre 1783	– 19°,1
				20 enero 1838	– 19°,0
				17 enero 1830	– 17°,2
París (Monstsouris)	48°49′	0° 0′	77m	9 diciembre 1871	– 23°,7
París (parque de San Mauro)	48°48′	0° 9′ E	49m	10 diciembre 1879	– 25°,6
Hagueneau	48°48′	5°25′ E	65m	diciembre 1788	– 21°,5
L'Aigle	48°43′	2° 0′ W	136m	30 diciembre 1788	– 21°,8
Nancy	48°42′	3°51′ E	200m	1.° febrero 1776	– 22°,6
				3 febrero 1830	– 26°,3
Estrasburgo	48°35′N	5°25′ E	144m	31 diciembre 1788	– 26°,3
				3 febrero 1830	– 23°,4
Étampes	48°26′	0°10′ E	127m	31 diciembre 1788	– 21°,9
Nemours	48° 0′	0°22′ E	60m	9 diciembre 1871	– 26°,0
Mayenne	48°18′	2°57′ W	102m	diciembre 1788	– 20°,0
Troyes	48°18′	1°45′ E	110m	31 diciembre 1788	– 23°,0
Saint-Dié	48°17′	4°37′ E	343m	31 diciembre 1788	– 26°,0
Épinal	48°10′	4° 7′ E	341m	3 febrero 1830 y 9 diciembre 1871	– 25°,6
Colmar	48° 5′	5° 1′ E	195m	19 diciembre 1788	– 25°,6
Neuf-Brisach	48° 0′	5° 0′ E	196m	18 diciembre 1788	– 30°,2
Montargis	48° 0′	0°23′ E	100m	9 diciembre 1871	– 25°,5
Orleáns	47°54′	0°26′ W	123m	31 diciembre 1788	– 22°,5
Langres	47°52′	3° 0′ E	480m	10 diciembre 1879	– 30°,0
Mulhouse	47°49′	5° 0′ E	229m	enero 1784	– 22°,4
				3 febrero 1830	– 28°,1
Beaugency	47°46′	0°46′ W	100m	31 diciembre 1788	– 22°,5
Montbéliard	47°30′	4°28′ E	320m	9 diciembre 1871	– 26°,9
Tours	47°24′	1°39′ W	55m	31 diciembre 1788	– 25°,0
Dijón	47°19′	2°42′ E	246m	1.° febrero 1776	– 20°,0
Chinón	47°10′	2° 6′ W	82m	diciembre 1788	– 23°,8
Bourges	47° 5′	0° 4′ E	156m	enero 1789	– 23°,0
Autún	46°57′	1°58′ E	287m	10 diciembre 1879	– 29°,0
Pontarlier	46°54′	4° 1′ E	838m	31 diciembre 1788	– 23°,8
				14 diciembre 1846	– 31°,3
Lons-le-Saunier	46°40′	3°13′ E	258m	31 diciembre 1788	– 24°,0
				16 enero 1838	– 24°,5

LUGARES	Latitudes	Longitudes	Altitudes	Datas	Minimum
Poitiers.	46°35′	2° 0′ W	118m	diciembre 1788	– 20°,0
Moulins.	46°34′	1° 0′ E	227m	31 diciembre 1788 22 diciembre 1870	– 22°,6 – 25°,0
Vichy.	46°12′	1° 0′ E	259m	9 diciembre 1871	– 27°,0
Roanne.	46° 2′	1°44′ E	286m	31 diciembre 1788	– 20°,6
Limoges.	45°50′	1° 5′ W	287m	diciembre 1788	– 23°,7
Lyón.	45°46′	2°29′ E	295m	31 diciembre 1788 16 enero 1838	– 21°,9 – 20°,0
Grande-Chartreuse. . . .	45°48′	3°23′ E	2030m	30 diciembre 1788	– 26°,3
Grenoble..	45°11′	3°24′ E	213m	febrero 1776	– 21°,6
Périgueux.	45°11′	1°36′ W	98m	diciembre 1870	– 23°,0
Puy en Velay.	45° 3′	1°33′ E	650m	diciembre 1870	– 25°,5
Aurillac.	44°56′	0° 6′ E	622m	27 diciembre 1829	– 23°,6

Los fríos más excesivos que se han sentido hasta el día han sido: 31°,3 en Francia; 20°,6 en las islas Británicas; 24°,4 en Holanda y Bélgica; 55° en Dinamarca, Suecia y Noruega; 43°,7 en Rusia; 35°,6 en Alemania; 17°,8 en Italia; 12° en España y Portugal. En cuanto á los demás países que no pertenecen á Europa, serían necesarias observaciones más numerosas para poder indicar con certeza el mayor número de grados de frío que se está expuesto á sufrir en ellos. Consta, sin embargo, que se ha observado en Fort-Reliance, en la América inglesa, un frío de 56°,7, y cerca de Semipalatinsk de 58°. En enero de 1838 lo hizo de 60° en Yakutsk. El mercurio se congela á – 40°. Hay puntos habitados en el globo donde permanece en dicho estado durante muchos meses del año, por ejemplo, en la isla Melville. A pesar de esto, el capitán Parry asegura que un hombre bien abrigado puede pasearse sin inconveniente al aire libre con una temperatura de 48° bajo cero, si no hace viento; mas, en el caso contrario, la piel se quema rápidamente. El mercurio helado tiene el aspecto del plomo, pero es menos duro, más frágil y menos coherente. Cuando se le toca, abrasa como un hierro candente. Se pueden hacer con él figuritas que se funden cuando la temperatura es mayor de – 40°.

Tales son los mayores fríos que se han experimentado. Si se comparan con los grandes calores consignados en el capítulo anterior (75° en la superficie del suelo africano) se ve que entre los puntos extremos de la temperatura del globo media una escala ¡de 135 *grados!*

En el capítulo siguiente estudiaremos la teoría de los climas en su carácter general, apreciaremos la distribución del calor en la superficie del globo, y presentaremos el término medio y los extremos de temperatura observados en diferentes puntos de nuestro planeta.

La ocupación más agradable á que el hombre pueda dedicarse es sin disputa el *estudio* de la naturaleza. El trabajo manual necesita un complemento: la actividad de la inteligencia, y ningún asunto puede ofrecérselo mejor que el estudio de la naturaleza. La política, que hasta el presente no ha sido más que un tejido de engaños mutuos y de crímenes, es indigna de la contemplación del alma, y no llegará á adquirir el carácter de ciencia hasta el día en que los

hombres posean las nociones elementales de las verdades naturales, en que sepan lo que son, lo que es el planeta en que habitan, y en que dejen de tener los ojos cerrados por la brutal ignorancia en que yacen todavía. La historia puede fijar la atención del hombre; pero apenas existe, no consistiendo aún sino en una serie de guerras que se renuevan sin cesar, ni siendo otra cosa que

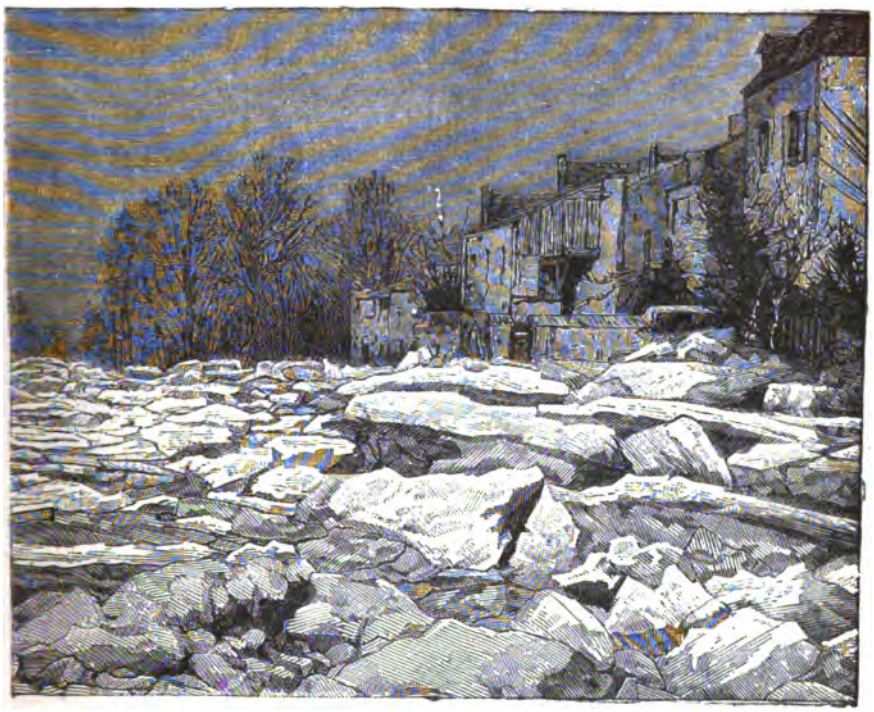


Fig. 10. – Aglomeración de témpanos en el Loira durante el invierno de 1879 á 1880. Vista tomada en Villebernier

una arruga en la superficie del océano de los siglos. Lo que puede ocupar útil y legítimamente los preciosos instantes en que nuestra imaginación está libre es el grandioso, el verdadero estudio de la naturaleza, inagotable venero de emociones puras, cada una de cuyas ramas ofrece á nuestra inteligencia dulce y saludable alimento.

Entre las diversas partes del estudio de la naturaleza, será siempre la meteorología la que más fácilmente nos interese; porque las distintas circunstancias de nuestra vida física, así como las de su conservación, dependen de la Atmósfera. El meteorologista, el amigo de la naturaleza, que ha aprendido á conocer, como nosotros intentamos hacerlo en esta obra, el conjunto de las leyes que regulan la circulación de la vida en este mundo, descubre cada día un nuevo motivo de

interés en la observación del tiempo, y no tan sólo le presentan un espectáculo razonado para siempre y luminoso los fenómenos de las estaciones, no tan sólo ve á través de las nubes, de las tempestades y de las borrascas cuáles son las fuerzas que manejan los hilos de este movimiento perpetuo, sino que también le interesan constantemente y sin llegar á cansarle nunca las variaciones cotidianas de la temperatura y los hechos más comunes. ¡Es una dicha tan grande *saber* uno dónde está en medio de este inconmensurable universo, conocer que se halla en su propia morada y las condiciones de ésta, y vivir una vida intelectual en vez de permanecer metido en el sucio lodo por donde la masa de la humanidad arrastra su pesada concha!

Y aun añadiré que todo aquel que se manifiesta interesado científicamente en la observación de la naturaleza, se sobrepone á las sensaciones físicas que son para otros causa constante de acerbos padecimientos. Todo cuanto á dicha observación atañe le interesa sin cesar; y cuando se dejan sentir los extremos de la temperatura, consigna placenteramente estos mismos extremos. Durante los grandes calores del estío, el meteorologista *nunca tiene bastante calor*, porque, aunque estuviera el termómetro á $+100^{0}$, le quisiera ver á $+101$, por la curiosidad de la excepción. En las temperaturas más glaciales, *no tiene nunca bastante frío*, porque si el termómetro baja á -30^{0}, quedaría más satisfecho si viera el mercurio congelado. De este modo vive siempre alegre y contento.

CAPITULO VII

LOS CLIMAS

DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN EL GLOBO. – LÍNEAS ISOTERMAS

El Ecuador. – Los trópicos. – Las regiones templadas. – Los polos. El clima de Francia

Si se trazan en un globo terráqueo dos líneas paralelas al ecuador, situadas en cada hemisferio á 23°28′ de latitud, resultarán dos círculos entre los cuales se verá pasar al Sol por el cenit en ciertas épocas del año: estos círculos son los *trópicos*. El del hemisferio boreal se llama trópico de Cáncer, porque en el solsticio de verano el Sol pasa por su cenit y llega al signo zodiacal del mismo nombre. El del hemisferio austral se llama trópico de Capricornio, porque dicho astro pasa por su cénit en el solsticio de invierno, llegando al signo zodiacal de Capricornio. La zona comprendida entre ambos círculos es la más cálida del globo, puesto que en ella están situadas las localidades sobre las que se eleva el Sol á su mayor altura, y lleva el nombre de zona tórrida ó intertropical.

Fig. 11. – Zonas y climas

Si en el mismo globo terráqueo se trazan otros dos círculos, distantes del polo 23°28′, ó lo que es igual, 66°32′ del ecuador, se marcarán los puntos bajo los cuales puede permanecer el Sol por espacio de muchos días, hallándose en ellos á su menor elevación; estos son los círculos *polares*. Durante medio año, el Sol se eleva sobre ellos en forma de espiral hasta la altura de 23°28′, y durante el medio año restante desciende otros tantos grados.

Entre ambas zonas se halla la *templada*, para la cual el Sol sale y se pone cada día, sin llegar jamás hasta el cenit, alcanzando una altura creciente y haciendo que los días vayan en aumento en nuestro hemisferio desde el solsticio de diciembre hasta el de junio, al paso que sigue una marcha inversa en el hemisferio opuesto.

Las dos zonas glaciales componen los 0,082 de la superficie de la Tierra; las dos templadas representan en junto los 0,520, y por último, la tórrida, formada

por las dos regiones comprendidas entre los trópicos y el ecuador, es á la superficie entera de nuestro planeta como 398 á 1.

La duración de los días más largos y de los más cortos, en las diversas latitudes de nuestro hemisferio, desde el ecuador hasta los círculos polares, nos ofrece la tabla siguiente:

LATITUDES	Ejemplos	Duración del día más largo	Duración del día más corto
0°	Quito.	12h 0m	12h 0m
5	Bogotá..	12 17	11 43
10	Gondar, Madrás	12 35	11 25
15	San Luis.	12 53	11 7
20	Méjico, Bombay..	13 13	10 47
25	Cantón..	13 34	10 26
30	El Cairo.	13 56	10 4
35	Argel.	14 22	9 38
40	Madrid, Nápoles.	14 51	9 9
45	Burdeos, Turín.	15 26	8 34
50	Dieppe, Francfort.	16 9	7 51
55	Edimburgo, Copenhague. . . .	17 7	6 53
60	San Petersburgo, Cristianía . .	18 30	5 30
65	Arcángel.	21 9	2 51
66 32	Círculo polar..	24 0	0 0

Otro tanto sucede, naturalmente, en el hemisferio austral. Más allá de los círculos polares, la duración del día varía entre 0 y 24 horas en el período del año durante el cual sale ó se pone el Sol. El número de días que el astro radiante permanece constantemente sobre el horizonte ó bajo él, en las latitudes comprendidas entre los 66°32 y los 90°, consta en el siguiente cuadro, en el que se consigna también la divergencia de los fenómenos en las zonas glaciales:

LATITUDES	El sol no se pone en el hemisferio boreal; no sale en el austral poco más ó menos durante	El sol no sale en el hemisferio austral; no se oculta en el boreal poco más ó menos durante
66°32′	1d	1d
70	65	60
75	103	97
80	134	127
85	161	153
90	186	179

Al enunciar la presente teoría de los climas hemos supuesto al Sol reducido á su centro, y prescindido además de los fenómenos de la aurora y del crepúsculo producidos por la refracción de la luz y del calor. Como el diámetro del astro es de 32′, sería preciso que retrocediera 16′ la latitud en que desaparece por completo. Elevándole, por otra parte, la refracción 33′ sobre el horizonte, sería menester también alejar en una cantidad igual los círculos polares absolutos. Por último, como la noche no cierra del todo sino cuando el Sol ha descendido 18° por debajo del horizonte, habría que tener asimismo en cuenta esta circuns-

tancia, resultando de aquí que hacia los polos rara vez cesa el día absoluto, y que la noche completa es casi desconocida en ellos.

Las estaciones son inversas en ambos hemisferios, según hemos dicho; y en realidad no son más que los intervalos de tiempo que la Tierra invierte en recorrer las cuatro partes de su órbita comprendidas entre los equinoccios y los solsticios. La duración de cada estación es desigual, á causa de la excentricidad de la órbita terrestre y en virtud de la ley de las áreas, estando representadas por las cifras siguientes, que demuestran que el Sol permanece cada año en nuestro hemisferio boreal unos ocho días más que en el austral:

Otoño (22 de septiembre-21 de diciembre).	89^d	18^h	35^m
Invierno (21 de diciembre-21 de marzo).	89	0	2
Permanencia del Sol en el hemisferio austral	178	18	37
Primavera (21 de marzo-21 de junio).	92	20	59
Verano (21 de junio-22 de septiembre).	93	14	13
Permanencia del Sol en el hemisferio boreal..	186	11	12

Siendo el Sol en la actualidad el único origen de calor para la superficie de la Tierra, resulta de aquí que los países más cálidos son aquellos sobre los cuales permanece por más tiempo y vibra sus rayos en la dirección más próxima á la vertical; es decir, las regiones situadas á lo largo del ecuador, y á uno y otro lado de él hasta los trópicos. Esta es la causa de que se designen dichas regiones con el nombre genérico de zona tórrida. A medida que se avanza hacia los polos, se ve que el Sol no se eleva ya tanto y que por espacio de seis meses las noches son más largas que los días; esto sucede en las regiones templadas, en donde las estaciones dan más variedad á los productos de la naturaleza; pero en cambio el promedio de la temperatura anual va disminuyendo con arreglo á la diminución de la altura aparente del Sol al mediodía. Por último, cuando se ha pasado de los 66° de latitud, se entra en el casquete polar glacial, y allí apenas se eleva el Sol en los días más hermosos lo suficiente para derretir los hielos eternos de aquellas regiones silenciosas y sombrías.

Creo inútil asegurar á mis lectores que el polo *Sur* es tan frío como el Norte, á pesar de que algunos no lo juzgan así. Vemos todavía que algunos poetas viajan

«del polo *abrasador* al polo *helado;*»

metáforas que no deberían permitirse en el siglo de las luces. El ecuador está al Sur de nuestro hemisferio, y los vientos que de allí soplan son cálidos. El ecuador está al Norte del otro hemisferio, y los vientos que de él le llegan son también cálidos, aunque procedan del Norte. En cuanto á la orientación meteorológica y á las estaciones, los habitantes de la Australia, del Cabo de Buena Esperanza, del Cabo de Hornos, de Buenos Aires ó de Santiago de Chile sienten y hablan de ellas al revés que nosotros.

Como la latitud, es decir, el ángulo que forman los rayos del Sol para llegar á la superficie del suelo, es la causa principal de la sucesión de los climas desde el ecuador hasta los polos, la diminución de éstos sería progresiva y regular si la Tierra fuese un globo de una regularidad perfecta, en lugar de estar dividido en mares y continentes, y accidentado de montañas, mesetas y valles. La cantidad de calor valuada en 1.000 grados, por ejemplo, en el ecuador, iría decreciendo regularmente, y sería de 923 en uno y otro trópico, de 720 en la latitud de París, y de 500 bajo el círculo polár. Pero la Tierra no tan sólo no es una esfera lisa y de invariable superficie, sino que en ella se suceden de contínuo revoluciones más ó menos armónicas.

En el libro IV de esta obra veremos que la Atmósfera se halla en un estado perpetuo de circulación, y que hay vientos generales que surcan periódicamente las diversas regiones del globo, modificando la distribución normal de los climas. Por ejemplo, los vientos alisios, que establecen una doble corriente entre el ecuador y los polos, templan el frío de las latitudes elevadas por las cuales pasan, al mismo tiempo que el calor de las regiones tropicales, calentando las primeras y refrescando las segundas.

A esta causa se agrega otra que hace variar la temperatura á lo largo de los mismos círculos de latitud. El globo terrestre está dividido en mares y continentes. El agua recibe el calor más fácilmente que la tierra, resultando de aquí que el mar es más frío que ésta en verano y más caliente en invierno. Los vientos que soplan del mar hacen que las costas no sean tan frías como las localidades del interior. Como el viento del SO. es el que sopla más á menudo, las costas occidentales de España, Francia, Escocia y Noruega son más cálidas que los países del interior de las tierras en igual latitud. La gran corriente marítima del Gulf-Stream, de que también nos ocuparemos, viene á aumentar por su parte esta modificación.

El agua se calienta menos que las materias terrosas en su superficie, porque éstas tienen un calor específico muy inferior al del agua. Así, pues, la cantidad de calor necesaria para elevar su temperatura á 10°, por ejemplo, es mucho más considerable que la que puede elevar hasta el mismo número de grados la temteratura de una capa líquida.

Debemos advertir además que los rayos solares, absorbidos por una capa terrestre muy delgada, penetran en parte en el agua á considerable profundidad.

Resulta de estas causas que el agua y la atmósfera que está en contacto con ella, deben ser menos cálidas en verano que las porciones continentales de los países situados de un modo análogo. Por el contrario, en invierno son más cálidas.

Las moléculas superficiales, enfriadas por su irradiación hacia las regiones frías del espacio, se precipitan en el fondo á causa del exceso de su gravedad específica; por consiguiente, la superficie del mar debe conservar una temperatura superior á la que presenta la de los continentes, puesto que en éstos las moléculas superficiales enfriadas no se hunden en el terreno.

Estas consecuencias, deducidas de un minucioso examen del modo como ejercen su acción los rayos solares en una superficie líquida y en otra continental, están confirmadas por las observaciones.

En Burdeos, por ejemplo, la temperatura media del invierno es de 6°,1, al paso que bajo la latitud de esta ciudad la temperatura del Atlántico no baja nunca á más de 10°,7.

En el paralelo 50 jamás se ha encontrado la del Océano inferior á 9 grados.

El conjunto de las observaciones reunidas demuestra que en el hemisferio Norte y en la zona templada, la temperatura media de un islote situado en medio del Océano Atlántico es más elevada que la de un punto situado de un modo semejante en el continente, y que en aquél se tendría un verano menos cálido y un invierno menos frío. En la isla de Madera es donde se han observado diferencias más marcadas bajo este concepto.

El mar sirve para igualar las temperaturas; de aquí que exista una oposición importante entre el clima de las islas ó de las costas, propio de todos los continentes accidentados, ricos en penínsulas y en golfos, y el clima del interior de una gran masa compacta de tierras firmes. Tobolsk, Barnaul sobre el Obi é Irkutsk, puntos del interior de Asia, tienen los mismos veranos que Berlín, Münster y Cherburgo; pero á estos veranos suceden inviernos cuya terrible temperatura es de —18 á —20 grados. Durante los meses de estío, el termómetro se mantiene semanas enteras á 30 y 31 grados. Con justo motivo ha dado Buffón el nombre de *excesivos* á estos *climas continentales*, cuyos habitantes parecen estar condenados, como las almas en pena del Purgatorio del Dante,

a sofferir tormenti caldi e geli.

El clima de Irlanda, el de las islas de Jersey y Guernesey, el de la península de Bretaña, el de las costas de Normandía y el de la Inglaterra meridional, países de inviernos benignos y de veranos frescos y nebulosos, contrasta bruscamente con el clima *continental* del interior de la Europa oriental. En el Nordeste de Irlanda (54°,56'), y en la misma latitud que Koenigsberg en Prusia, el mirto crece tierra adentro lo mismo que en Portugal. La temperatura del mes de agosto llega á 23° en Hungría, cuando apenas es de 16,° en Dublin (en la misma línea isotérmica media de 9° ½). La de invierno es de 2°4 en Buda; en Dublín, cuya temperatura anual no es más que de 9°,5, la de invierno es de 4°,3 sobre cero, ó lo que es lo mismo, 2° más que en Milán, Pavía, Padua y que en toda la Lombardía, donde el calor medio del año llega á 12°,7. En las Orcadas (Stromness), algo al Sur de Estocolmo (la diferencia de latitud apenas consiste en medio grado), la temperatura media del invierno es de 4°, es decir, más elevada que en París y Londres. Además, las aguas interiores no se hielan jamás en las islas Feroe, situadas á los 62° de latitud bajo la suave influencia del viento del Oeste y del mar. En las risueñas costas de Devonshire, á uno de cuyos puertos se le

ha llamado el Montpeller del Norte, á causa de la benignidad de su clima, se ha visto florecer el agave mejicano en el interior del país, y los naranjos dar fruto, á pesar de que apenas estaban abrigados por ligeras esterillas. Allí, lo mismo que en Penzance, Gosport y Cherburgo, la temperatura media del invierno es de 5°,5; siendo por consiguiente inferior á las de Montpeller y Florencia en 1°,3 únicamente.

Es preciso ir hasta Roma para encontrar la temperatura de Niza. El promedio anual de la temperatura de Londres es de 9°,4. La media del verano es de 15°,9 y la del invierno de 3°,6; este es, por consiguiente, más cálido en Londres que en París, y el verano más frío, como el promedio anual.

Aun cuando Cherburgo está situado 1° de latitud más al Norte que París esto no obstante, su temperatura media es más elevada; consiste en 11°,3, al paso que la de París llega tan sólo á 10°,7. La diferencia resalta más entre los climas de invierno de las dos ciudades, puesto que el promedio del invierno es de 6°,5 en Cherburgo y de 3°,2 en París. En cambio, el mar hace que la temperatura de Cherburgo y de todas sus costas sea inferior en verano á la de París; así es que allí se ven higueras, laureles, mirtos, etc., que morirían seguramente en los alrededores de esta última capital. La enorme higuera que se admira en Roscoff (Bretaña) rivaliza con las de Esmirna.

Estas conexiones demuestran suficientemente de cuántos modos puede distribuirse entre las diversas estaciones una sola y misma temperatura media anual, y cuánta es la influencia que estos distintos modos de repartirse el calor ejercen durante el curso del año en la vegetación, en la agricultura, en la sazón de los frutos y en el bienestar material del hombre.

Las mismas relaciones climatológicas que se observan entre la península de Bretaña y el resto de la Francia, cuya masa es más compacta, más cálidos sus veranos y más crudos sus inviernos, se reproducen hasta cierto punto entre Europa y el continente asiático, cuya península oriental viene á ser aquella parte del mundo. La Europa debe la dulzura de su clima á su configuración ricamente accidentada, al Océano que baña las costas occidentales del antiguo continente, al mar libre de hielos que le separa de las regiones polares, y sobre todo á la existencia y á la situación geográfica del continente africano, cuyas regiones intertropicales irradian abundantemente y hacen que se remonte una inmensa corriente de aire cálido, al paso que las regiones situadas al Sur del Asia son en gran parte oceánicas. La Europa sería más fría si el Africa estuviese sumergida; si saliendo la fabulosa Atlántida del seno del Océano, reuniera la Europa con la América; si las aguas tibias del Gulf-Stream no desembocaran en los mares del Norte, ó si una nueva tierra, que surgiese á impulso de las fuerzas volcánicas, se intercalara entre la península escandinava y el Spitzberg.

A medida que se avanza de Oeste á Este, recorriendo en un mismo grado de latitud la Francia, la Alemania, la Polonia y la Rusia hasta la cordillera de los Montes Urales, se advierte que las temperaturas medias del año siguen una

ırcha decreciente; bien es verdad que, conforme se va penetrando en el interior, la forma del continente es cada vez más compacta, aumenta su anchura, disminuye la influencia del mar y se hace menos sensible la de los vientos, causas todas que producen evidentemente el descenso progresivo de la temperatura.

La temperatura media del ecuador es de 27°,5. En razón de las causas que acabamos de enumerar y de la carencia de vegetación, la del interior del Africa llega á 30° en un termómetro colocado á la sombra y al abrigo del viento cálido;

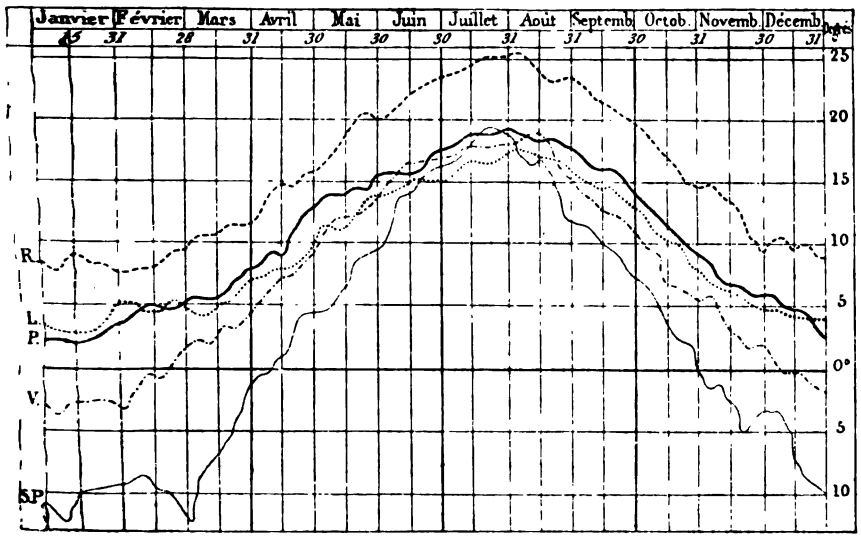


Fig. 12. – Temperaturas comparadas de las capitales de Europa: Roma, Londres, París, Viena y San Petersburgo

pero hay sitios en que la acción de estos vientos y lo escasez de nubes se combinan para condensar un calor intolerable; así es que en el interior de Abisinia y en las inmediaciones del mar Rojo no son raras en verano las temperaturas de 48 á 50 grados á la sombra, siendo mayores todavía las del suelo. Por la tarde especialmente, los valles abisinios son verdaderos hornos; M. de Abbadie ha observado 70° al nivel del suelo, y los dos atrevidos coroneles de estado mayor, MM. Ferret y Galinier, han anotado 75°. El aire se estanca en medio de aquel calor reverberado; ni la más leve brisa refresca aquel infierno terrestre; en el fondo de aquellas gargantas se respira un aire frecuentemente mefítico, y ¡desgraciado del que descansa en ellas algunos instantes antes ó después de la estación de las lluvias! En tales épocas solamente se puede viajar de noche, y se recorren llanuras enteramente desnudas.

Vese, pues, que en el clima de las diferentes regiones del globo influyen causas distintas, y que incurriría en un grave error el que se fundara en la distancia

del ecuador para calcular el descenso de temperatura al dirigirse hacia el polo. Hemos dicho que el promedio de la del ecuador es de 27°,5; el de la de París, de 10°,7; y á lo largo y allende el círculo polar se ha observado que es de – 15°.

Para formar un cuadro exacto de la distribución de la temperatura en la superficie de la Tierra, Alejandro de Humboldt ha ideado marcar en un mapamundi todos los puntos en que se han hecho observaciones termométricas concienzudas, anotando en ellos los grados observados, y luego trazar líneas que pasaran respectivamente por todos los sitios cuya temperatura fuese la misma, cuyas líneas designó con los nombres de *isotermas (isos*, igual; *thermos*, calor).

Cincuenta años hace que se inventó este método, y desde entonces se han ido aumentando las observaciones y perfeccionando las cartas.

Al estudiar la distribución del calor en la superficie del globo, y al trazar el sistema de las líneas isotermas, Humboldt ha puesto en evidencia las causas que elevan la temperatura de un punto y las que la bajan.

Las primeras son las siguientes:

La proximidad del Océano al Oeste en la zona templada;

La configuración particular de los continentes que están accidentados por numerosas penínsulas;

Los mediterráneos y los golfos que penetran profundamente en las tierras;

La orientación, es decir, la posición de una tierra relativamente á un mar libre de hielos, que se extiende más allá del círculo polar, ó con relación á un continente de considerable extensión situado en el mismo meridiano, en el ecuador, ó por lo menos en el interior de la zona intertropical;

La dirección Sudoeste de los vientos reinantes, si se trata del contorno occidental de un continente situado en la zona templada y cuando hay cadenas de montañas que sirven de dique y de abrigo contra los vientos procedentes de comarcas más frías;

La escasez de pantanos cuya superficie permanezca helada hasta la primavera y principios de verano;

La falta de bosque en un terreno seco y arenoso; la serenidad constante del cielo durante los meses de verano; y, por último, la proximidad de una corriente marítima, si trae aguas más cálidas que las del mar vecino.

Las causas que determinan el descenso de la temperatura media son:

La altura sobre el nivel del mar de una región que no tenga mesetas considerables;

El alejamiento del mar en la dirección del Oeste y del Sur para nuestro hemisferio;

La configuración compacta de un continente cuyas costas carezcan de golfos;

Una gran extensión de tierras hacia el polo, y hacia la región de los hielos eternos, á no ser que entre la tierra y esta región haya un mar constantemente libre durante el invierno;

Una posición geográfica tal, que las regiones tropicales de la misma longitud

stén ocupadas por el mar, ó en otros términos, la falta de toda tierra tropical en el meridiano del país cuyo clima se trata de estudiar;

Una cadena de montañas que por su forma ó su dirección dificulte el paso de los vientos cálidos, ó también la proximidad de picachos aislados, á causa de las corrientes de aire frío que descienden á lo largo de sus vertientes;

Bosques de una gran extensión, los cuales impiden que la acción de los rayos solares llegue hasta el suelo, y cuyo ramaje excita la evaporación de una gran cantidad de agua en virtud de su actividad orgánica, aumentando la superficie susceptible de enfriarse por vía de radiación. Los bosques obran, pues, de tres maneras: por su sombra, por su evaporación y por su radiación;

Los numerosos pantanos y charcas que forman en el Norte, y aun en pleno verano, verdaderos glaciares en medio de las llanuras;

Un cielo de estío nebuloso, porque intercepta una parte de los rayos del sol;

Un cielo de invierno muy puro, porque favorece la radiación del calor.

A las condiciones generales de los climas hay que añadir la influencia que ciertas circunstancias locales pueden ejercer en el estado de la temperatura observada. Es mucho más difícil de lo que generalmente se cree el conocer la temperatura exacta de un punto cualquiera del globo, sobre todo si está habitado, y tanto es así, que diez termómetros idénticos y bien comparados no marcarán igual calor en el mismo momento en diez calles diferentes de una misma ciudad. La principal observación que debemos hacer aquí es que, á causa de la radiación de las casas habitadas y de los obstáculos que una aglomeración de edificios presenta á la circulación del aire, la temperatura de las grandes ciudades es siempre menos acentuada y superior á la de la campiña circunvecina. Howard ha demostrado que la temperatura media de Londres excede en 1° centígrado á la de todos sus alrededores. Los termómetros del Observatorio de París están menos elevados que los del interior de la ciudad, y más también que los instalados al aire libre en el campo de observación del Observatorio meteorológico de Montsouris. Todo el mundo ha podido observar que en las callejuelas estrechas del antiguo París hace en verano más frío y en invierno más calor que en las plazas y en los anchos *boulevares* modernos, llegando frecuentemente la diferencia á muchos grados.

En campo raso, á igual altitud é idéntica exposición, la temperatura difiere según la mayor ó menor proximidad de los bosques, los cuales influyen en la temperatura del aire, la cual es en el interior de éstos inferior á la del exterior. Los promedios máximos fuera de los bosques son más elevados que dentro de ellos: el promedio del verano es asimismo más sensible en el primer caso que en el segundo. Todos estos hechos se deducen, según MM. Becquerel, de más de catorce mil observaciones verificadas por ellos en los últimos años con este objeto.

Las horas de los máximos y de los mínimos no son en el interior de los árboles (aunque estén aislados) las mismas que en el aire; sino que varían según

la especie y el diámetro de aquéllos; las variaciones de temperatura tienen lugar en las hojas casi como en el aire ambiente; en los retoños, un poco más tarde, y así sucesivamente hasta el tronco, donde son muy lentas. Prescindimos aquí del calor propio de los árboles resultante de las diversas reacciones que se efectúan en los tejidos, así como del que roban á los líquidos absorbidos por las raíces, en atención á que ambos calores son muy débiles, comparados con los que proceden de la irradiación solar, ó de la nocturna, como lo prueban los máximos y mínimos de temperatura, los cuales están en relación con los del aire, siquiera difieran en cuanto á las horas. El calor propio de los árboles desempeña un papel importante en el invierno, impidiendo un descenso que les sería fatal. En un árbol de cinco á seis decímetros de diámetro, el máximo de temperatura tiene lugar en verano hacia las diez ó las once de la noche, y en invierno á las seis, al paso que en el aire se presenta, según la estación, de dos á tres de la tarde; de esta diferencia entre las horas de los máximos resulta, conforme lo ha demostrado la observación, que la temperatura puede descender en el aire por una causa cualquiera, como por ejemplo, el paso de una nube, un cambio en la dirección del viento, etc., y elevarse en el interior de los árboles á consecuencia del calor adquirido por las capas exteriores, el cual pasa lentamente á las inferiores á causa de su poca conductibilidad (1).

Así, pues, las condiciones locales modifican más ó menos el bosquejo de los climas que hemos trazado hace poco á grandes rasgos. El relieve del terreno es el que ejerce siempre la mayor acción local. Las cadenas de montañas dividen la superficie terrestre en grandes cuencas, en profundas y estrechas cañadas y en valles circulares. Encajonadas á menudo unas y otros, como entre murallones, *individualizan* los climas locales (por ejemplo, en Grecia y en una parte del Asia Menor), colocándolos en situaciones muy particulares con respecto al calor, á la humedad, á la transparencia del aire y á la frecuencia de los vientos y de las tempestades. Semejante configuración ha ejercido en todo tiempo una poderosa influencia en los productos del suelo, en la elección del cultivo, en las costumbres, en las formas de gobierno y hasta en las enemistades con las razas inme-

(1) La abundancia de bosques y la humedad tienden á disminuir la temperatura, al paso que la falta de los primeros y la aridez producen un efecto contrario, llegando algunas veces la diferencia á dos grados por lo que respecta á la temperatura media del año.

MM. Becquerel han resumido del modo siguiente en la Academia de Ciencias el resultado de las numerosas observaciones que hicieron en el Loiret por espacio de muchos años:

1.° En verano, las temperaturas medias del aire fuera de los bosques son superiores á las que reinan dentro de ellos:

2.° En invierno sucede lo contrario:

3.° La diferencia entre la temperatura media anual del aire á muchos kilómetros de los bosques y la de éstos llega próximamente á medio grado.

Como las temperaturas medias del aire en verano son fuera del bosque casi 1°,2 más elevadas que dentro, y sus efectos inversos en invierno, resulta de aquí que el clima del interior es un poco menos pronunciado que el del exterior, teniendo por consiguiente el carácter de los climas marítimos, únicamente por lo que toca á la temperatura. Las dos floras deben presentar, sin embargo, algunas diferencias.

tas. El carácter de la *individualidad geográfica* alcanza, por decirlo así, su máximo cuando la configuración del suelo, en el sentido horizontal y en el vertical, es tan variada como sea posible. Las estepas del Asia septentrional, las grandes llanuras herbáceas del Nuevo Mundo, las landas ó pedregales llenos de malezas de Europa y los desiertos de arena del Africa presentan un carácter enteramente opuesto.

Hemos visto ya (1) cuál es la temperatura media, anual y mensual de París, cuáles las variaciones mensuales y diurnas del termómetro, y cómo la temperatura influye de un modo distinto en el aire, en el agua y en el suelo. Con el examen que acabamos de hacer de las líneas isotermas y de la distribución de la temperatura, completamos el conocimiento exacto de nuestros climas, lo cual era de bastante importancia si habíamos de formarnos una idea justa de la acción del Sol en la superficie de nuestro planeta.

Después de haber apreciado el conjunto de los climas, y antes de llegar á los polos, en esta breve reseña geográfica, será conveniente que nos formemos una idea exacta de las *diferencias extremas de temperatura* que se dejan sentir en la superficie de la Tierra.

No ha habido termómetro que colocado á dos ó tres metros de altura y al abrigo de toda reverberación, haya llegado jamás, en ningún sitio del globo ni en ninguna estación, á 57° centígrados.

En alta mar, la temperatura del aire no pasa nunca del 30.° grado, cualesquiera que sean el sitio y la estación.

El mayor grado de frío observado hasta el presente en nuestro globo con un termómetro suspendido en el aire es de 60° bajo cero.

Por consiguiente, entre las temperaturas más extremas advertidas en el aire atmosférico hay una diferencia de 115 grados.

Comparando entre sí las temperaturas límites de un mismo punto del globo, se puede formar un curioso cuadro. He aquí un lista de los principales puntos del globo donde se han hecho observaciones satisfactorias. Las localidades están continuadas por orden de latitud decreciente:

LOCALIDADES	Latitud	Longitud	Temperatura máxima observada	Temperatura mínima observada	Diferencia
Isla Melville.	74°,47 N	113°, 8	+ 15°,6	— 48°,3	63°,9
Puerto Félix.	70 0	94 13	21 1	50 8	71 9
Nijnei-Kolymsk. . . .	68 32	158 34	22 5	53 9	76 4
Reikjavik.	64 8	24 16	20 5	25 0	45 5
Drontheim.	63 26	8 3	28 7	23 7	52 4
Jakoutsk	62 2	127 23	30 0	60 0	90 0
Abo.	60 27	19 57	35 0	36 0	71 0
San Petersburgo . . .	59 56	27 58	31 1	38 8	69 9
Upsal.	59 52	15 18	30 0	31 7	61 7
Estocolmo.	59 20	15 43	37 5	33 7	71 2

(1) Véase pág. 306 del tomo primero.

LOCALIDADES	Latitud	Longitud	Temperatura máxima observada	Temperatura mínima observada	Diferencia
Nijnei-Taguilsk	57°,56 N	57°,48	+ 35°,0	— 51°,5	86°,5
Kasán	55 48	46 47	36 0	40 0	76 0
Moscou	55 45	35 14	34 5	43 7	78 2
Hamburgo	53 33	7 38	35 0	30 0	65 0
Berlín	52 31	11 3	39 3	28 8	68 1
Londres	51 31	2 28	35 0	15 0	50 0
Dresde	51 2	11 24	38 8	32 1	70 9
Bruselas	50 51	2 1	35 0	21 1	56 1
Lieja	50 39	3 11	37 5	24 4	61 9
Lilla	50 39	0 4	35 6	18 0	53 6
Dieppe	49 49	1 12	33 5	19 8	53 3
Ruán	49 26	10 15	38 0	21 8	59 8
Metz	49 7	3 50	38 1	21 3	59 4
París	48 50	0 0	40 0	23 5	63 5
Estrasburgo	48 35	5 2	35 9	26 3	62 2
Munich (538 m.)	48 8	9 14	35 0	28 8	63 8
Basilea	47 33	5 15	34 0	37 5	71 5
Buda	47 29	16 43	36 0	22 5	58 5
Tours	47 24	1 39	38 0	25 0	63 0
Dijón	47 19	2 42	35 6	20 0	55 6
Quebec	46 49	73 36	37 5	40 0	77 5
Lausana (528 m.)	46 31	4 18	35 0	20 0	55 0
Ginebra	46 12	3 49	36 2	25 3	61 5
San Bernardo (2.491 m.)	45 50	4 45	19 7	30 2	49 9
Gran Cartuja (2.030 m.)	45 18	3 23	27 5	26 3	53 8
Grenoble	45 11	3 24	35 0	21 6	56 6
Turín	45 4	5 21	37 6	17 8	55 4
Le Puy (760 m.)	45 0	1 33	34 2	19 8	54 0
Orange	44 8	2 28	41 4	18 0	59 4
Tolosa	43 37	0 54	40 0	15 4	55 4
Montpellier	43 37	1 32	38 6	18 0	56 6
Marsella	43 18	3 2	36 9	17 5	54 4
Perpiñán	42 42	0 34	38 6	9 4	48 0
Roma	41 54	10 7	38 0	6 9	44 9
Nápoles (1)	40 51	11 55	40 0	5 0	45 0
Pekín	39 54	114 9	43 1	15 6	58 7
Lisboa	38 42	11 29	38 8	2 7	41 5
Palermo	38 7	11 1	37 7	0 9	39 7
Argel	36 5	0 44	37 5	2 5	40 0
Habana	23 9	84 43	32 3	+ 7 3	25 0
Veracruz	19 12	98 29	35 6	+ 16 0	19 6
Quito (2.908 m.)	0 14	81 5	22 0	+ 6 0	16 0
Isla de Borbón	22 52	53 10	37 5	+ 16 0	21 5

En términos generales, las diferencias entre las temperaturas más altas y las más bajas son tanto menores cuanto más se avance hacia el ecuador, apartándose del polo. Las variaciones dependen de las inflexiones de las isotermas.

La temperatura de los cuerpos sólidos alcanza cifras mucho más elevadas. La arena de las orillas de los ríos ó del mar se halla en verano con frecuencia de 65 á 70° centígrados. Arago vió en París, en el mes de agosto de 1826, que un termómetro colocado horizontalmente y cuya bola sólo estaba cubierta de

(1) Estas cifras son, por lo que se refiere á Madrid: latitud, 40°,24'; longitud 6°,2' O.; temperatura máxima, 51°,2; mínima, —16°; diferencia, 67°,2. *(N. del T.)*

Hielos de los Polos

un milímetro de tierra vegetal muy fina, marcaba 54 grados. El mismo instrumento, cubierto de dos milímetros de arena de río, no marcó más que 46 grados. Durante dicho mes, la temperatura más alta del aire fué 36°,2. El termómetro Messier, expuesto directamente al sol el 8 de julio de 1793, marcó 63°,2. Humboldt vió en los llanos de Venezuela que la arena tenía á las dos de la tarde una temperatura de 55, y á veces hasta de 60 grados; la del aire, á la sombra de un bambú, era de 36°,2; al sol, y á 50 centímetros del suelo, de 42°,8. Por la noche, la arena no tenía más que 28 grados; había perdido, por consiguiente, más de 24.

Ultimamente, el 28 de agosto de 1871, mientras me hallaba observando el curioso cuarto creciente de Venus, entre dos y tres de la tarde, con un sol ardiente, llamóme la atención la temperatura de la azotea de cinc donde fijaba mis pies. Tendí en ella un termómetro de montura metálica que marcaba 22°,5 á la sombra, y á las tres señaló ya la temperatura de dicha azotea que llegaba á 60 grados. Vese cuán grande es la diferencia que existe en las temperaturas entre los objetos expuestos al sol y los que pueden recibir el aire.

Lleguemos ahora al límite de los climas, á la extremidad del mundo, á las heladas y silenciosas regiones de los polos.

Cuando se avanza hacia el círculo polar, el mar se congela y adquiere un carácter sumamente particular. Este fenómeno parece producirse á medida que la salumbre disminuye y que el movimiento de rotación es menos rápido. Hacia los 50 grados de latitud se encuentran ya grandes témpanos de hielo que flotan en el mar, témpanos desprendidos sin duda de alguna región más septentrional y arrastrados por las corrientes que van del polo al ecuador. A los 55° es muy frecuente ver las orillas del mar cubiertas de hielo. A los 60°, los golfos y los mares interiores se hielan á menudo en toda su superficie. A los 70°, los témpanos flotantes son cada vez más numerosos y más grandes, formando á veces verdaderas islas, que pueden presentar hasta media legua de diámetro. Por último, hacia 80°, se encuentran generalmente hielos fijos, es decir, acumulados, detenidos, soldados entre sí.

Es magnífico el espectáculo que ofrecen aquellas silenciosas regiones.

Los hielos polares, matizados de los colores más vivos, parecen masas de piedras preciosas, advirtiéndose en ellos el fúlgido brillo del diamante y las resplandecientes tintas del zafiro y de la esmeralda. Aquellas aglomeraciones de agua sólida tan pronto forman anchurosas llanuras como elevadas montañas.

Los campos de hielo componen á menudo llanos inmensos, tan perfectamente unidos á veces, que no se observan en ellos hendeduras, ni huecos, ni la más leve eminencia. Scoresby vió uno flotante, por el cual hubiera podido recorrer un carruaje 35 leguas en línea recta sin el menor obstáculo. Cook encontró otro, estrecho, que unía el Asia con la América septentrional.

Cuando estas masas se encuentran, producen choques espantosos, cuyo estruendo es parecido al del trueno.

Las montañas de hielo, incesantemente minadas por el mar, cambian de figura á cada momento: chocan entre sí, se empujan, se rompen ó se adhieren unas á otras. Comúnmente tienen uno de sus lados cortado á pico por la parte del Océano. Vistas de lejos, parecen inmensas quebradas blancas que penetran en la bóveda azul del firmamento. Vistas de cerca, presentan una superficie unida, ó erizada de almenas; se las tomaría por pirámides de cristal ó de diamante, por esbeltas columnas, por agudos chapiteles, ó por extraños y majestuosos edificios con sus frontispicios, arcadas y cúpulas. Mas aquellas pirámides se abren y se desmoronan de pronto; las columnas se encogen y se redondean,

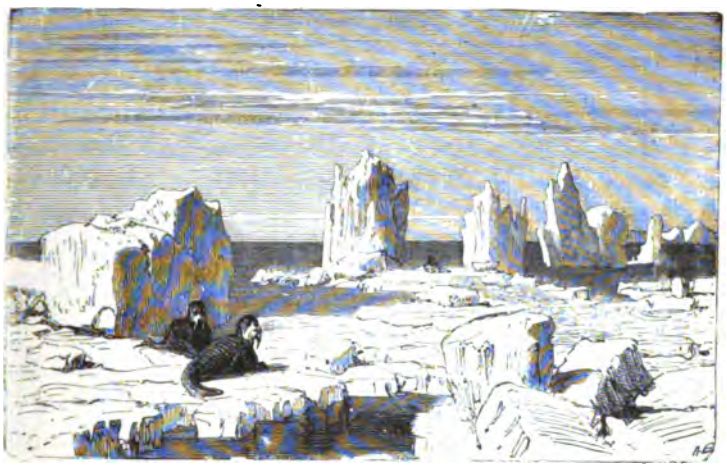


Fig. 13. – Campo de hielo en el Polo

los chapiteles se transforman en escalinatas, y el edificio en un hongo..... ¡Oh cuadro siempre imponente, en que la inconstancia de las formas rivaliza con su variedad y la magnitud de las masas con su aspecto extravagante!

Es singular y sorprendente por demás el espectáculo que ofrecen las montañas de hielo flotante al atrevido nauta que las ve por vez primera. El doctor Hayes describe del modo siguiente, en su viaje de descubrimientos en los mares árticos, verificado en 1860, la primera impresión que le produjeron aquellas apariciones..

«Encontramos el primer iceberg, dice, la víspera de nuestra llegada al círculo polar. Al oir al mar estrellarse con furia contra aquella masa envuelta aún entre la bruma, el vigía estuvo á punto de gritar: «¡Tierra!» Pero el formidable coloso no tardó en surgir de la bruma, dirigiéndose, terrible y amenazador, en nuestra demanda, por lo cual nos apresuramos á dejarle el campo libre. Era una pirámide irregular, de unos 300 pies de anchura por 150 de altura; su cúspide estaba todavía medio oculta en la neblina; mas desgarrándose ésta al poco tiem-

po bruscamente, nos dejó ver un picacho resplandeciente en torno del cual ceñían ligeros vapores sus volutas caprichosas. En la altiva indiferencia de aquel gigante había un no sé qué singularmente extraño. En vano era que las ondas le prodigaran sus alocadas caricias; dejándolas entregadas á su quejido sempiterno, pasaba frío y sordo entre ellas.

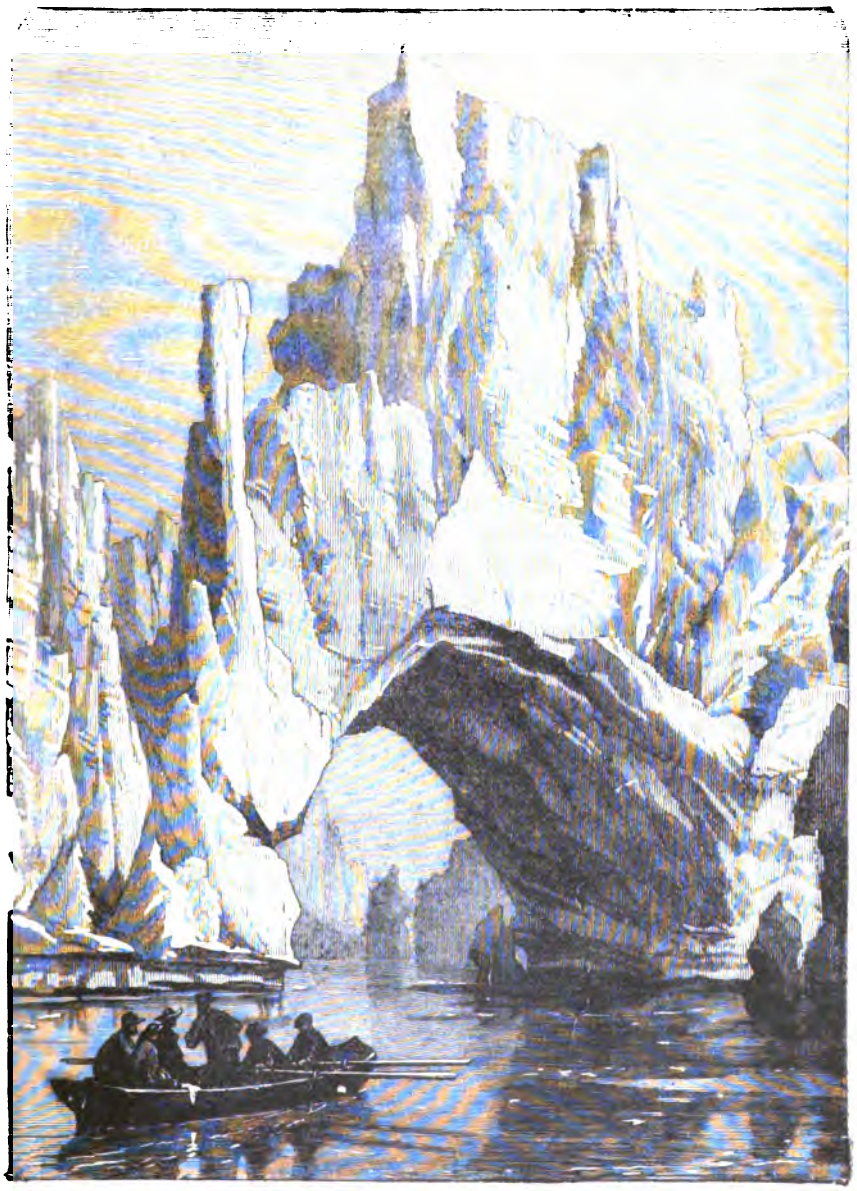
»En el estrecho de Davis tuvimos que pasar algunas horas muy críticas; hubo un momento en que creí que habíamos llegado al término de nuestra miserable existencia. Corríamos viento en popa con el trinquete y la mayor cangreja, tomados los rizos y con el foque, teniendo que luchar con enormes oleadas, cuando una de ellas se llevó la borda de proa; todo cayó en la cubierta, no quedando ni una sola pulgada de lona fuera, excepto la mayor cangreja que sacudía furiosamente el mástil; fué un milagro que el buque no se arrolara y zozobrara inmediatamente: si la caña del timón no hubiera estado sujeta por una mano vigorosa, nada en el mundo habría podido salvarnos.

»La Groenlandia era todavía una especie de mito para la mayor parte de nuestros compañeros; hacía algunos días que seguíamos las costas de aquella comarca; y aparte de la aparición de Disco, las nubes y la bruma la habían ocultado constantemente á nuestras miradas, cuando de pronto sacudió su manto de vapores, irguiéndose ante nosotros con toda su austera magnificencia; sus anchos valles, sus profundos barrancos, sus empinadas montañas y sus peñascos abruptos y sombríos aumentaban su terrible desolación.

»A medida que la niebla se elevaba, arremolinando lentamente sus agrisados rastros sobre la superficie de las blanquecinas aguas, las montañas de hielo se sucedían y desfilaban ante los navegantes como los castillos fantásticos de un cuento de hadas. Olvidando éstos que iban por su espontánea voluntad hacia aquella región, creíanse atraídos por una mano invisible á la tierra de los encantamientos. Los silfos del Norte, en un acceso de alegría infantil, habían arrojado su velo magnífico y parecían conducirlos á la mansión eterna de los dioses. La imaginación, absorta ante aquel espectáculo, creía ver allí el walhalla de los audaces reyes del mar; la ciudad de Freyer, el dios Sol; Alfheim y los retiros de los silfos: Glitner, con sus murallas de oro y sus techumbres de plata; y Gimler, la morada de los bienaventurados, más brillante que el Sol; y allá en lontananza, y atravesando las nubes, Himinborg, el monte celeste donde el puente de los dioses levanta su arco hasta el firmamento.

»Es difícil imaginar una escena más llena de solemnes emociones; imposible describir el entusiasmo que cada repentino cambio de aquella decoración sin igual excitaba en el corazón de los navegantes.»

Los hielos que se encuentran en las costas del Spitzberg y de Groenlandia tienen comúnmente de 7 á 8 metros de espesor, y forman á menudo inmensas llanuras cuyos límites no se divisan desde la punta de los mástiles de los buques.



ICEBERGS DE UN FIORDO GROENLANDÉS, OBSERVADO POR EL DR. J. HAYES

Las montañas de hielo flotantes sobre el mar, los icebergs, se elevan de 10 á 18 metros sobre las aguas. Por lo común, la parte que sobrenada está en la relación de 1 á 4 con la parte sumergida; de modo que la altura total de estas montañas es de 40 60 á metros.

Sucede también que algunos témpanos de 30 ó 40 metros de longitud, recargados en sus dos extremos, desaparecen totalmente debajo de las aguas á una profundidad bastante grande para que los buques pasen por encima de ellos, pero la tripulación se halla entonces expuesta á los más espantosos peligros; el menor choque, la causa más insignificante puede destruir el equilibrio de los pesos que mantienen al témpano sumergido, que se elevaría entonces con impetuosidad, lanzando al buque á los aires, ó por lo menos echándole á pique inevitablemente.

En la bahía de Baffin hay montañas de hielo mucho más altas que las de Groenlandia; los navegantes han medido algunas que sobresalían más de 30 ó 40 metros de la superficie del agua, y que tenían por consiguiente más de 200 de altura total. Supónese que estas formidables masas se forman en las costas, donde cierran los valles que desembocan en el mar, desprendiéndose en seguida de aquel sitio. En la *estación del sol* corren las aguas desde lo alto de sus crestas, y forman en el mar inmensas cascadas, sorprendidas algunas veces por nuevas heladas. El espectáculo que ofrecen entonces es magnífico; pero los marinos lo contemplan de lejos, porque aquellas columnas, aquellas gigantescas arcadas se hacen pedazos en un instante con terrible estrépito y se precipitan en el mar.

Scoresby ha visto frecuentemente cómo se formaba el hielo en plena mar á 20 leguas de las costas. Tan luego como los primeros embriones de cristales son perceptibles, el Océano se calma como si hubieran derramado aceite en su superficie; aquellos cristales adquieren en breve 3 ó 4 pulgadas de espesor, y empiezan acto continuo á aglomerarse, si el frío continúa, para constituir mantos de hielo más ó menos anchos, que no tardan en tener 2 ó 3 decímetros de espesor.

En aquellas regiones, la densidad del agua del mar es de 1.026; en estado de reposo se congela á —2 grados. Las aguas que han sido concentradas por las heladas pueden llegar á tener una densidad de 1.104, y en este caso no se congelan sino á —10 grados; el agua saturada de sal no puede solidificarse hasta —21 grados.

Aquellas desoladas regiones donde el mercurio se congela al aire libre, están, sin embargo, habitadas por los esquimales. Este es el pueblo que avanza más en los países del frío, pues se extiende hasta los 79 grados de latitud. El doctor Kane visitó en 1853 dos de sus aldeas en la costa groenlandesa del estrecho de Smith, á 11° del polo. Aquellas aldeas se llaman Etah y Peterovik; la capital del país es Upernavik, visitada en 1861 por el doctor Hayes. Sus chozas están construídas por hiladas de enormes trozos de nieve cortados en forma

de medias naranjas. La entrada es una abertura circular muy baja. En aquellas viviendas de un género tan particular penetra la luz por una ventana formada por una placa muy diáfana de hielo.

El punto más cercano al polo adonde se ha podido llegar sólo dista de él

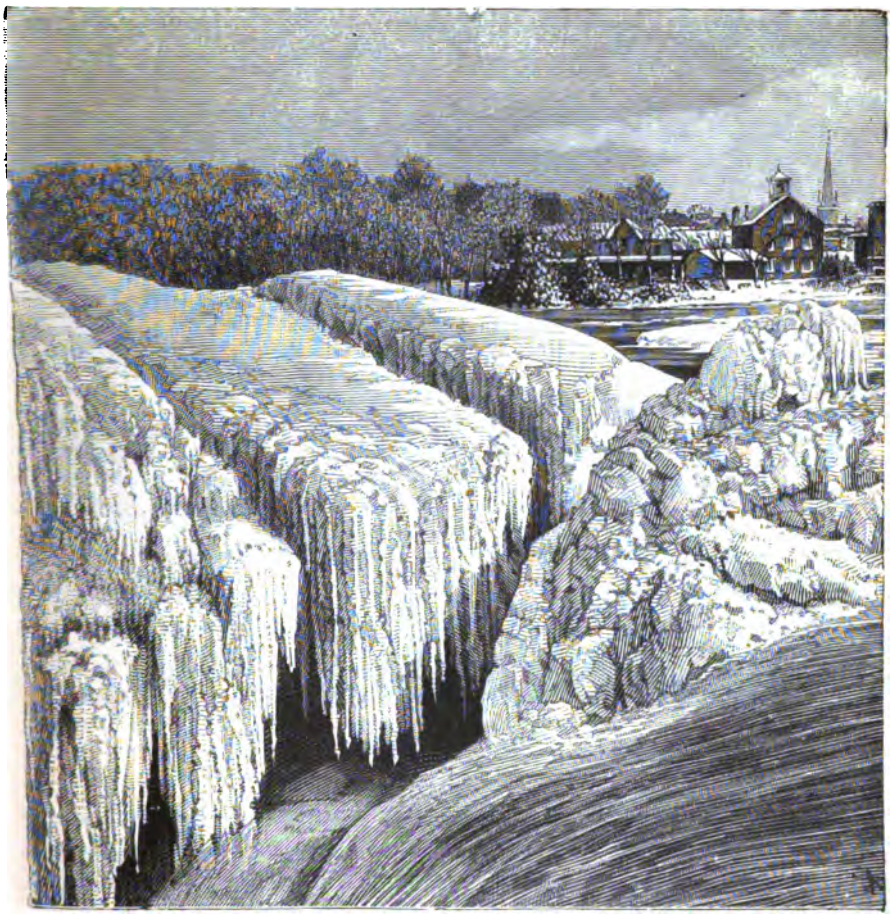


Fig. 14 – Estalactitas de hielo en las cataratas del Niágara

5 grados dos tercios (lat. 83°,23'), es decir, 570 kilómetros solamente: allí llegó el lugarteniente Lockwood el 13 de mayo de 1882. Parry había llegado á 82°,45' en 1820. El infortunado Franklin no pasó del 77°. El doctor Hayes navegó en el mar polar hasta 81°,40' en el mes de mayo de 1861, y el capitán Nares llegó al 83°,20' el 12 de mayo de 1876, ó sea tres minutos menos que Lockwood.

Terminaremos esta revista general de los climas haciendo observar que la última línea isoterma suficientemente determinada para las observaciones, es la de —15 grados, que desciende por el Norte de América, vuelve á subir por el Norte de la bahía de Baffin y atraviesa los 80° de latitud para bajar de nuevo á los 70 y aun á los 65. Esta línea forma dos anillos, en los cuales se ha observado un aumento de frío. La temperatura media más baja no resulta en el mismo polo, sino á uno y otro lado de él; de suerte que hay lo que se puede llamar

Fig. 15. – Ultimas habitaciones humanas. Esquimales de las regiones polares

dos polos de frío, uno al Norte del continente asiático, cerca del archipiélago conocido con el nombre de Nueva Siberia, cuya temperatura media parece ser de —17 grados, y otro al Norte del americano, en las islas occidentales del archipiélago polar, siendo al parecer su temperatura de —19 grados. Es probable que en el Océano glacial antártico existan dos polos de frío análogos. En cuanto al polo Norte en sí, los cálculos del matemático Plana, los del geómetra Lambert y los del astrónomo Halley, así como las investigaciones recientes de mi malogrado amigo Gustavo Lambert, demuestran de una manera casi cierta que el frío es en él mucho menos intenso.

Según M. Mohn, la temperatura del aire en el polo boreal debe ser, en el mes de julio, de —0°,7, y en el mes de enero, de —32°,5.

En efecto, por lo que respecta á nuestro polo (y aquí tengo en cuenta la

refracción), el Sol sale á principios de marzo, se remonta con mucha lentitud, rasando casi el horizonte y siguiendo una línea espiral que le va elevando más cada día, y no se pone hasta el fin de septiembre. El 21 de junio llega á su mayor altura: 24 grados. El máximo de calor tiene lugar en julio y agosto. De estos cálculos y de las observaciones directas de los navegantes que han avanzado más, resulta que el mar no está helado en el polo mismo...

Una bala prusiana destruyó el proyecto, tan laboriosamente preparado, de la expedición francesa que debía ir en 1871 á averiguar la realidad de este aserto y á permitir que se diera un nuevo paso en el conocimiento del globo.

CAPITULO VIII

LAS MONTAÑAS

LA ARMAZÓN DEL GLOBO. – LOS CLIMAS SEGÚN LA ELEVACIÓN.—GEOGRAFÍA BOTÁNICA.—NIEVES PERPETUAS. – GLACIARES. – LAS ASCENSIONES Á LAS MONTAÑAS. – LAS AVALANCHAS.

Acabamos de estudiar sucesivamente los efectos generales de los rayos solares en la Atmósfera terrestre y en la superficie del suelo bañada por el fluido aéreo. Los rayos luminosos han empezado por abrirnos el camino; luego hemos presenciado la distribución de los caloríficos y la organización de los climas y estaciones. Completaremos, pues, esta revista analítica, sobre todo desde el punto de vista de la vida vegetal, dirigiendo en conjunto una rápida ojeada á lo que tiene relación con las montañas. Hemos visto ya que la temperatura disminuye á medida de la elevación sobre el nivel del mar. Los vegetales, que no son, por decirlo así, más que un tejido de rayos solares y de gases atmosféricos, demuestran metódicamente la intensidad de dichos rayos por la sucesión de sus especies. Ascender á una montaña es, en geografía botánica, ir desde el ecuador á los polos. El globo terrestre puede compararse á dos montañas soldadas por el plano del ecuador; los polos son las cumbres coronadas de hielos eternos.

Cuantos han pasado su vida en el seno de los países de llanuras, teniendo constantemente ante sí la vasta extensión de las regiones uniformes de abundantes praderas y fértiles campiñas; aquellos que no han vivido contemplando las altas montañas blanqueadas por la nieve, las sinuosas cordilleras de abruptas vertientes, las inseguras rocas donde vegetan en la inmovilidad escasos abetos, los glaciares de verdosas hendeduras, y los lagos azules que sonríen al cielo, no podrán comprender el carácter de grandiosidad, de majestad y de dominación que distingue á las montañas, á esos gigantes salidos de las convulsiones del globo. Allá, en aquellas remotas cimas sumergidas en el azul celeste, el alma humana se cierne sobre los mezquinos movimientos moleculares que agitan la superficie terrestre. En el aeróstato solitario impelido por los vientos á través de las alturas de la Atmósfera, la mirada que se dirige á la Tierra comunica á la imaginación una idea brillante de la vida, así como una expresión de indefinible contento, de plena quietud, de gozo íntimo, efecto de la situación particular en

la que uno se considera muy por encima del mundo humano y de sus vicisitudes. Esta impresión es más severa y menos personal en las montañas, porque se advierte en derredor, de un modo más terminante, la soberanía de las fuerzas físicas que se hallan en acción en la vida del globo.

A medida que me elevo, atravesando zonas cuya temperatura media decrece, observo la serie de árboles y plantas, que se suceden según el clima de las zonas, y en ocho ó diez horas hago un viaje hacia el frío, absolutamente igual al que haría caminando hacia los polos. Al subir por una montaña de 1.800 á 2.000 metros de altura, se va contemplando la curiosa sucesion de los vegetales hasta su desaparición completa.

Unas veces, como sucede en el Righi, los abetos que descuellan aislados en el último límite, cesan de pronto, empequeñeciéndose repentinamente, y disminuyen tan de prisa bajo la acción misteriosa del clima, que á la altura de un solo abeto superior á otros árboles bastante corpulentos todavía, ya no se encuentran más que arbustos y maleza.

Otras veces, como en el San Gotardo, después de haber trepado durante horas enteras por rocas peladas y estériles, y costeado los abismos de un desierto agreste surcado por torrentes de sonoras cascadas; después de haber visto los bancos de hielo eclipsarse tras las crestas dentelladas, se encuentran risueñas praderas regadas por un agua cristalina y extendidas cual pingües sotos por aquellas elevadas mesetas.

Pero allí también sorprende al observador un notable contraste. Aquellas verdes praderas se extienden hasta los negros peñascos ó hasta las resplandecientes nieves sin que un solo arbol les dé su sombra y sin que ninguna rama de tembloroso follaje convide al reposo y al dulce ensimismamiento.

La severidad reina allí lo mismo que en las cimas alpestres, cuya inalterable soledad únicamente es capaz de atravesar la gamuza de cadencioso paso.

Lo que más profundamente cautiva la imaginación humana en esos gigantes de piedra erguidos ante las naciones es la misión que llenan silenciosamente en medio de su inmovilidad secular.

¿Son inertes, pasivos, estériles, inútiles? Sus cabezas, abrumadas por el peso de las nieves, envueltas en el sudario helado de las nubes, ¿están dormidas como las de los Faraones sepultados en las pirámides? ¿Qué hacen esos seres misteriosos, que viven en la región intermedia de la tierra y el cielo, esos colosos de granito á cuyas plantas los ejércitos humanos parecen polvo de hormigas?—Obran, regulan, gobiernan el mundo.

Reyes de la Atmósfera, hermanos del Océano, á ellos está reservado el cuidado de distribuir sobre la tierra la savia de las existencias. Tienen la calma austera y la incorruptible textura de la muerte, pero la muerte que los rodea es la fuente de la vida que dispensan. Vida y muerte se engendran mutuamente.

Las nubes que se remontan desde el seno de los mares van á condensarse

en estado de nieve sobre las cimas alpestres que las detienen, y amontonan sucesivamente una agua sólida, que resiste en aquellas alturas el torbellino de la naturaleza. Aquí y allá, los bancos de nieve que estaban aletargados en las silenciosas alturas se despiertan; murmura un manantial, y, joven, fresco, infatigable, se abre un camino cantando alegremente. Llama á sus hermanos, y se reunen numerosas y delgadas cintas de plateadas linfas que corren juntamente hacia las risueñas campiñas que ya se divisan. A medida que van brotando de cresta en cresta, producen nevados saltos de agua y descienden de roca en roca hasta las mesetas donde nacen los espumosos torrentes. Algunas veces forman lagos transparentes, rodeados de sus montañas, que parecen sonreir cariñosamente al cielo. Las nubes se contemplan en ellos al pasar—¿acaso no son gemelos la nube y el lago, y como Cástor y Pólux no ocupan uno tras otro su puesto recíproco?

Las riberas escarpadas balancean en su movible espejo el ramaje de los árboles y plantas, y los desnudos peñascos reflejan en ellos sus flancos agrestes. Pero el agua sigue en busca de las llanuras bajas que la atraen sin cesar, y entonces forma esas corrientes caudalosas que tan gran papel desempeñan en la historia política de las naciones.

Aquí traza el Rhin eterno motivo de guerra entre los pobres hombres que habitan una y otra orilla, y por ese camino septentrional vuelve al Océano de donde ha salido, acercándose al polo.

Allá el glaciar del Ródano abre el curso de un río que bajará á regar las fértiles llanuras del Mediodía. Y mientras de esta suerte vuelve al seno de los mares en virtud de su movimiento eterno, el elemento traza en el mapa del mundo diferentes líneas con las que la humanidad, pacífica ó belicosa, aunque casi siempre belicosa y débil, compondrá sus anales.

¿Cuál es, pues, la importancia de esas gigantescas moles en la historia entera del mundo? ¿Qué perpetuo trabajo desempeñan encima, debajo y en medio de nosotros? ¡Obra incesante y fatal, que á nosotros, míseros mortales, nos domina singularmente! Todo ese gran mecanismo funciona, desde el mar hasta la Atmósfera, desde la Atmósfera hasta las montañas, y desde las montañas hasta las llanuras y el mar, sin que nuestra raza intervenga en lo más mínimo. Elévanse las nubes, cae la lluvia, estalla el rayo, la nieve se arremolina en las frentes de las enhiestas cumbres, los vientos nacen y circulan, las aguas viajan lentamente en los lagos, bulliciosas en los torrentes, pesadas en los ríos; la verdura engalana las colinas, anímase el cielo, brilla el sol...., y todo ese mecanismo colosal, inmenso, universal, marcha sin cesar, extraño á nuestros movimientos liliputienses y á nuestra propia existencia, envolviéndonos en su perdurable trama, tranquilo, austero, superior á nosotros, y continuando su inalterable curso sin preocuparse en lo más mínimo de nuestra historia.

Del mismo modo marchaba todo en la Tierra antes de la aparición del hombre, por espacio de muchos millares de siglos durante los cuales la naturaleza

sonreía así para sí misma, sin que ningún pensamiento humano estuviese allí para descansar en su seno y contemplar el cielo. Del mismo modo continuará su marcha el mecanismo del mundo cuando ya no existamos, cuando las generaciones venideras hayan desaparecido á su vez y cuando la raza humana se haya extinguido en esta tierra.

¡Cuántas edades habéis visto, oh solitarias montañas reclinadas en las nubes! Habéis visto las campiñas que se extienden á vuestros pies sin rebaños y sin trabajadores; habéis visto vuestros lagos sin navecillas y sin himnos; habéis visto los ríos sin ciudades en sus orillas y la tierra sin hombres. En lo futuro seréis de nuevo testigos de semejantes soledades. Y tal vez no sepáis que hay en la actualidad hombres que os contemplan, y tal vez también os da lo mismo que los haya ó que deje de haberlos!.....

. . . . . .

Las altas regiones de la Atmósfera, dice A. Maury, excitan nuestra curiosidad en el más alto grado. Por más que nos esforcemos en descubrir su constitución y en comprender sus fenómenos por medio del cálculo y de la inducción, continúan rodeadas todavía de muchos misterios. Trepamos por las montañas, nos elevamos en globos, asestamos nuestros telescopios sobre los cuerpos celestes, é inventamos mil instrumentos para comprobar los menores efectos producidos por agentes físicos en el espacio que de aquellas regiones nos separa; cansados de ver continuamente en el globo la huella del hombre y las obras de sus manos, intentamos sondear las regiones donde aún no ha penetrado, donde la naturaleza permanece virgen y conserva la fisonomía de las edades geológicas que precedieron á la nuestra. En las erguidas cumbres se aspira un perfume de eternidad, que nos aproxima á las condiciones del espacio infinito. Al representarnos la Biblia á Moisés ascendiendo al Sinaí para conversar con Dios y recibir directamente sus órdenes, nos ofrece la imagen de las impresiones que en nosotros producen los parajes elevados; pues, en efecto, en la cima de los montes nos hallamos en presencia de la divinidad. No estando el hombre en ellas para alterar, según sus necesidades ó sus caprichos, el orden físico de las cosas, se nos aparecen las leyes físicas en toda su grandeza y generalidad.

La sublime impresión que causan las montañas no tiene nada de fantástica, sino que procede de una verdadera grandiosidad. Son el receptáculo de la Europa, el tesoro de su fecundidad; el teatro de las variaciones, de la correspondencia de las corrientes atmosféricas, de los vientos, de los vapores, de las nubes. El agua es la vida iniciada. En las montañas tiene lugar la circulación de la vida, ya bajo forma gaseosa ó bajo forma líquida. Ellas son las mediadoras, los árbitros de los elementos dispersos ú opuestos; ellas representan la concordia y la paz. Ellas las acumulan en los glaciares y las distribuyen luego equitativamente entre las naciones.

Esas nubes que proceden de tan remotas regiones deben detenerse gustosas después de tan largo viaje, para buscar un momento de reposo. Los Alpes

les ofrecen un lugar muy vasto y á propósito para ello. Cuarenta ó cincuenta leguas de glaciares, desde el Delfinado al Tirol, forman sin duda alguna un magnífico lecho; pero es tal la ligereza, la inconstancia de aquellas viajeras, que la benévola hospitalidad de los Alpes no bastaría para retenerlas, y si se establecen en ellos se debe á su ingeniosa operación que las convierte en hielo. (Michelet.)

Si la superficie emergida de nuestro planeta fuese perfectamente lisa, reinaría por todas partes la más árida uniformidad, y en toda la extensión de los continentes se reproducirían los mismos fenómenos. Los vientos, á cuya impetuosa marcha no se opondría ningún obstáculo, girarían en torno del globo con un movimiento siempre igual, como esas prolongadas fajas de nubes que se ven sobre el planeta Júpiter. No existirían esas elevadas moles que, á causa de su posición transversal á la dirección de los vientos, produjeran una ruptura de equilibrio y rechazasen las corrientes atmosféricas en todos sentidos, ni esos grandes refrigeradores que condensan el agua de las nieves y la conservan en sus recipientes de hielo y nieve: caerían las lluvias en todas partes de un modo casi idéntico, y las aguas, no hallando el menor declive para deslizarse hacia el Océano, formarían pestilenciales pantanos. La consecuencia del equilibrio perfecto de las fuerzas de la naturaleza sería el estancamiento universal y la muerte. Si los hombres pudiesen existir en semejante tierra, lejos de sacar de la uniformidad de la inmensa llanura mayores facilidades para comunicarse entre sí, vivirían diseminados en torno de sus lagunas en todo el salvajismo primitivo, sin que jamás hubiesen tenido lugar esas emigraciones de pueblos enteros que descendieron de sus altas mesetas en busca de una nueva patria. Habría sido imposible toda civilización. Tal vez estuvo unida y sin marcado relieve la superficie del globo (y de esta opinión son algunos geólogos) cuando el ictiosauro nadaba pesadamente en medio de los pantanos y el pterodáctilo extendía sus macizas alas sobre los cañaverales. Aquella era la tierra del reptil, pero de ningún modo podía ser la del hombre.

Cualesquiera que sean las causas geológicas de la distribución actual de las mesetas en los continentes, fuerza será reconocer un hecho notable, y es que su altura aumenta en razón de su proximidad al ecuador, como si la rotación del globo tuviese por resultado, no sólo el henchimiento general de la masa planetaria, sino también la tumefacción de los mismos continentes.

Centros vitales del organismo planetario, los montes detienen los vientos y las nubes, difunden las aguas y modifican todos los movimientos que tienen lugar en la superficie del globo. Gracias al incesante circuito que se establece entre todos los puntos salientes del relieve continental, y entre los dos océanos, el de las aguas y el de la Atmósfera, los climas superpuestos en los flancos de las mesetas se confunden de diverso modo y establecen una relación continua entre las floras, las faunas, las naciones y las razas de hombres.

Por la gracia ó por la majestad de su forma, por su atrevido perfil que se

destaca en pleno cielo, por el ceñidor de nubes que rodea sus rocas y sus selvas, por las variaciones incesantes de luz y sombra que se proyectan en los barrancos y en las estribaciones, las montañas adquieren tal apariencia de personalidad que se inclina uno á considerar como seres vivientes aquellas masas pedregosas. Y, por otra parte, ¿no ofrecen en un reducido espacio un resumen

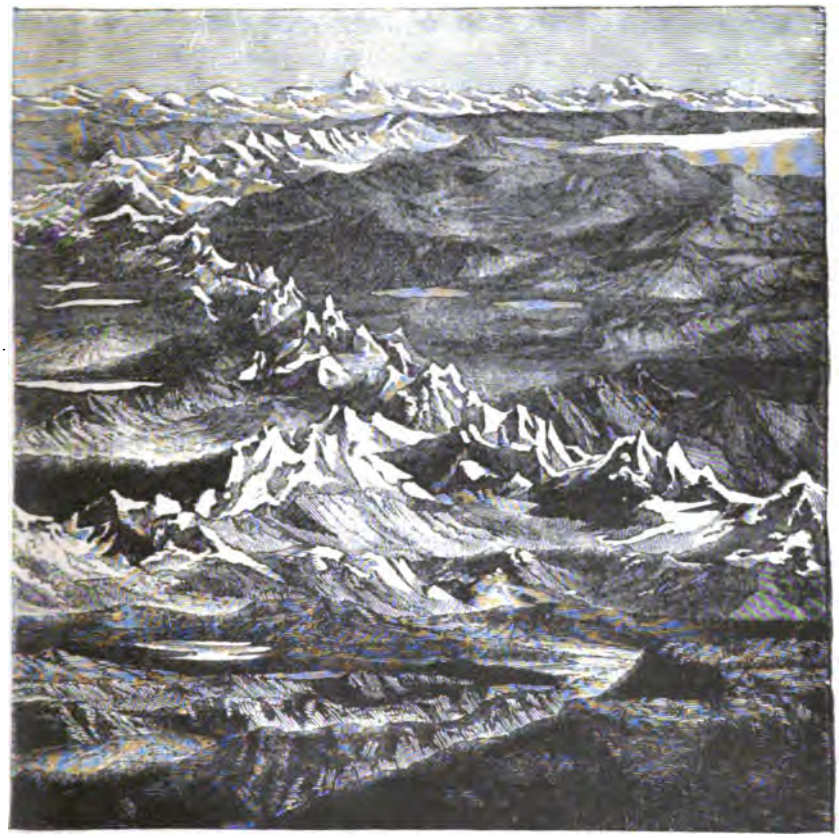


Fig. 16. – Las montañas: panorama de los Andes

de todas las bellezas de la tierra? Los climas y las zonas de vegetación se escalonan en sus pendientes; se pueden contemplar en ellas de una sola ojeada los terrenos cultivados, las praderas, los bosques, los hielos, las nieves, y cada tarde la moribunda luz del sol comunica á las cumbres un maravilloso aspecto de transparencia, como si la enorme masa no fuese más que un ligero lienzo sonrosado flotante en los cielos. (Eliseo Reclus).

Si el lector tiene á bien retroceder hasta la página 132 del tomo primero, verá en ella la lista de las montañas más altas de las cinco partes del mundo, la de los

puntos más altos del globo habitados, y la de las ascensiones á las montañas y á los aires en que se ha llegado á mayor altura. Hemos dicho antes (1) las proporciones en que disminuye la temperatura á medida que se avanza por las regiones del aire. Veamos ahora cuáles son las consecuencias de dicho descenso por lo que respecta á esas moles enormes que ocultan sus cimas en las profundidades enrarecidas de la Atmósfera.

Las primeras consecuencias de semejante descenso de temperatura son encontrar, á medida que se sube por una montaña, los productos orgánicos de cada país escalonados á diferentes alturas, é ir atravesando gradualmente climas cada vez más rigurosos. Esta curiosa contigüidad de los productos del verano y del invierno contribuye mucho á amenizar las comarcas alpestres. Cualquiera que se sitúe en las cimas de la Suiza, abarca de una sola ojeada el grandioso panorama de los Alpes, y en aquel cuadro puede leer, como en una página del libro de la naturaleza, las reglas y las leyes fijadas por la ciencia acerca de la distribución de los seres vivientes según las diferentes altitudes. Allí se ven distintamente seis zonas superpuestas entre sí, y perfectamente determinadas en sus contornos por la diferencia de la vegetación y el aspecto del terreno. En el fondo, se extiende la fértil llanura cuya uniformidad interrumpen los lagos, las carreteras, los ríos, las selvas, las granjas y las aldeas; allí está la residencia del hombre. Sobre aquel verde tapiz se elevan en pintoresco desorden risueñas colinas, tan pronto desnudas, como pobladas de árboles y de frondosidad. Más arriba, la mirada tropieza con esas crestas pedregosas, coronadas de grupos de negros abetos. Sobre dichas rocas se ven todavía pendientes cubiertas de excelentes pastos; pero el carácter del paisaje cambia á poco bruscamente; la muerte sucede á la vida; la verdura cede el puesto á las tintas grises y monótonas de las peladas rocas. Entonces la montaña se presenta igualmente bella ó admirable bajo otros aspectos, como bajo el que la comunican las formas caprichosas y selváticas de las rocas que forman su imponente masa. Más arriba, en fin, los Alpes se envuelven en un resplandeciente manto de nieve, en el que se abriga perpetuamente su perpetuo invierno.

Hemos visto ya que la geografía botánica, la distribución de los vegetales en la superficie del globo, tiene por base reguladora el estado efectivo del calor transmitido por el Sol á la Tierra. Siendo esta acción de la temperatura en la vegetación una de las más importantes, se ha estudiado en primer lugar para averiguar las relaciones que existen entre la distribución del calor y el carácter de la vegetación. La consecuencia de este estudio ha sido dividir el globo en ocho regiones bien definidas, que son las siguientes:

1.ª La zona ecuatorial, que se extiende 15° á cada lado del ecuador y disfruta de una temperatura media anual de 26° á 28°. La humedad de su atmósfera contribuye, juntamente con el calor, á desarrollar formas vegetales tan bellas como variadas.

(1) Véase pág. 284 del tomo primero.

2.ª La zona tropical, que empieza en el 15.° grado y se extiende hasta los trópicos con una temperatura estival media de 26° é invernal de 15°. En esta zona se advierten ya variaciones de temperatura bastante numerosas.

3.ª La zona subtropical, que empieza en los trópicos y llega hasta el 34.° grado: su temperatura media es de 17° á 21°, lo cual permite que las plantas tropicales florezcan todavía en ella. Es la zona más agradable para habitación del hombre, por cuanto el invierno no es bastante rudo para obligarle á arbitrar medios de substraerse á su rigor.

4.ª La zona templada cálida, comprendida entre los 34° y 45° de latitud, y cuya temperatura media es de 12° á 17°.

5.ª La zona templada fría, que empieza en el 45.° grado y termina en el 58.°, con una temperatura media de 6° á 12°.

6.ª La zona subártica, que se extiende desde los 58° á los 66° 32′. Su temperatura media es de 4° á 6°.

7.ª La zona ártica, que va desde el círculo polar, 66′ 32′, hasta los 72°, no pasando casi su temperatura media de 2°.

8.ª La zona polar, que comienza en los 72° y se prolonga hasta los polos; durando allí el verano cinco semanas. La temperatura media es de —15°; en verano de 3°,1; en el mes de julio llega á 5°,8, pero en el de agosto baja á 1°,2, y en invierno llega á —30°.

A la simple vista, este sistema parece capaz de satisfacer las necesidades de la mente, pues ofrece divisiones regulares con temperaturas medias bien marcadas; pero exceptuando quizás la primera y última zonas, que son las mejor determinadas, las demás se hallan sometidas á una multitud de alteraciones en los climas, con una diferencia en más ó en menos bastante considerable.

Linneo ha caracterizado, en los prolegómenos de la *Flora de la Laponia*, la vegetación de los diversos países del globo, con ese estilo conciso y pintoresco que distingue á aquel gran observador: «La familia de las palmeras, dice, reina en las partes más cálidas del globo; en las zonas tropicales viven en gran número las plantas cargadas de frutos. Una rica corona de plantas adorna las costas de la Europa meridional; y la septentrional está ocupada por abundantes gramíneas. La última y la más fría de las regiones habitadas, la Laponia, está cubierta de algas incoloras y de fríos líquenes, vegetales de la última especie en la última de las tierras.»

Efectuándose la sucesión de los climas en las montañas desde el pie á la cumbre, en lo cual siguen la misma ley que rige desde el ecuador á los polos, resulta que la vegetación se sucede en el mismo orden. Tanto con respecto á la flora como con respecto al clima, se creería ir en la dirección del círculo polar, á medida que uno se eleva por los flancos de un picacho á una altitud mayor sobre las llanuras; no hay más diferencia sino que en algunos minutos de ascensión se atraviesan intervalos de clima que en el continente exigirían semanas enteras. Hemos visto en la página 286 del tomo primero que la temperatura de-

crece por término medio un grado centígrado por cada 160 á 240 metros de altura, según la distancia del suelo, el lugar y la estación. Por ejemplo, si se quiere recorrer la sucesión de los climas por las pendientes del Monte Blanco, se ve que, estando la línea del cero á los 2.000 metros, la isoterma de —5° pasa por los 2.850; la de —10° por los 3.600; la de —15° por los 4.400, y la de —20° se encuentra á la altura de 5.200 mètros. Siendo la temperatura media del año, al nivel del mar y á dicha latitud, de 11°, tenemos que el clima varía de +11° á —17°, ó 28° por cada 2.800 metros, es decir, que en semejante ascensión, que dura un día, se hace el mismo viaje físico que si se pasara de la Suiza al Spitzberg, ó sean 35° de latitud; pues 137 metros de elevación corresponden á uno de dichos grados.

Una de las montañas más á propósito para apreciar la sucesión de las espe-

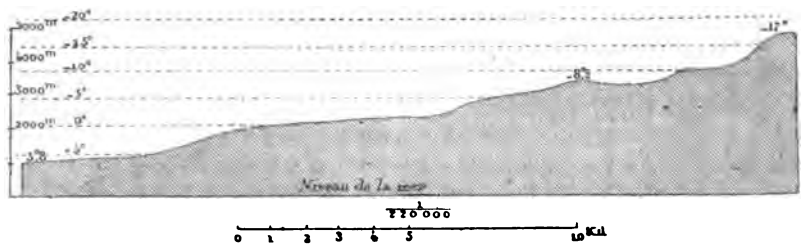
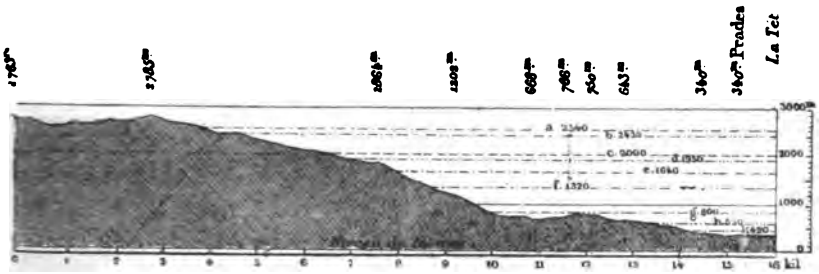


Fig. 17. – Sucesión de los climas en el Monte Blanco

cies vegetales es la del Canigó en los Pirineos, que se destaca altiva á 2.785 metros de altura, á 15 kilómetros de Prades. Los olivos de los campos del Tet crecen al pie del monte; la viña prospera hasta los 550 metros, y los castaños hasta los 800. Los últimos terrenos cultivados llegan hasta los 1.640 metros; los abetos cesan á los 1.950, á cuya altura han desaparecido ya las encinas y las hayas; el abedul se encuentra aún á los 2.000 metros, y el pino á los 2.430, donde les substituyen las toscas plantas de las regiones polares. Por consiguiente, y según hace observar E. Reclus, al trepar desde el pie hasta la cima del Canigó, se hace un viaje análogo al que se efectuaría yendo desde el 42.° hasta el 62.° grado de latitud, por ejemplo, desde Córcega hasta Noruega. Aquí, 139 metros de elevación corresponden á un grado de latitud.

En los Alpes suizos, los nogales son los primeros que cesan; á éstos siguen los castaños; de 700 á 800 metros, no se encuentra ya el menor vestigio de estos árboles, excepto en la vertiente meridional, donde los hay 100 metros más arriba. Casi á la misma altitud desaparece la encina, que juntamente con el haya y el abedul componían la esencia de los bosques; el cerezo crece hasta los 950 metros; el haya hasta los 1.300; los cereales maduran en el Norte á los 1.100; y á los 1.510 en la vertiente meridional del cantón de los Grisones; los árboles verdes, como el abeto, el pino y el cedro, constituyen entonces exclusivamente los extensos bosques que adornan las montañas, desapareciendo á su vez á los

1.800 metros. (Sin embargo, en la vertiente meridional del Monte Rosa hay árboles que llegan hasta los 2.270 metros; tales son los cedros, los pinos albares y los comunes, asociados á los alisos y abedules. En la vertiente Norte, las coníferas no pasan, y si acaso muy rara vez y excepcionalmente, de los 2.000 metros.) El abedul, ese árbol corpulento, último que vemos en el Norte, es también el último que desaparece de los flancos de las montañas, elevándose casi á igual altitud. Suelen encontrarse, no obstante, á un centenar de metros más arriba, algunos pinos cembros y teas. Los terrenos herbáceos llegan hasta 2.600 metros. Luego cesa toda vegetación arborescente, quedando tan sólo algunos reducidos tallares de rododendros. Cuando se pasa la región en que estos robustos hijos



Escala de 1/100.000

a Rododendro	*c* Abedul	*g* Castaños
f Idem	*d* Abeto	*h* Viñas
b Pino	*e* Cebada y patatas	*k* Límite de los olivos

Fig. 18. – Sucesión de las especies vegetales en el monte Canigó

de los Alpes ostentan su verde follaje, ya sólo se encuentran plantas que apenas sobresalen del suelo, como el sauce herbáceo, que no es más que una mata raquítica, y otras á las que se da el nombre de *alpinas*. Debemos advertir, sin embargo, que existe una diferencia real entre las condiciones de la vida polar y las de la vida alpestre glacial. Cuanto mayor es la altura á que se llega en las montañas, tanto más seco y ligero es el aire; en los polos, por el contrario, la Atmósfera es pesada á consecuencia de los vapores que la saturan. A través de esta atmósfera ¿puede ejercer la luz una acción igual á la que ejerce á través del aire sutil de las elevadas cumbres? No: la Atmósfera debe introducir una diferencia profunda en las condiciones de la vida vegetal y animal, á pesar de la analogía de los climas.

Por último, más arriba solamente se encuentran líquenes y rocas peladas, y á poca distancia, el límite de las nieves eternas, que varía según las latitudes, pero que no por esto deja de estar sometido á una ley constante.

De todas cuantas regiones naturales se escalonan de este modo á lo largo de las vertientes de una montaña, no hay ninguna que tenga un carácter tan definido como la línea de las *nieves eternas* ó persistentes, llamadas así con justo

motivo porque resisten los ardores del estío, ó se renuevan tan luego como una fusión parcial ha disminuído su masa durante el verano ó la primavera. Esta línea se encuentra á una altura absoluta tanto mayor cuanto más calor hace al nivel del mar: en las regiones polares, donde reina un frío continuo, está al nivel del suelo, y á una elevación muy grande bajo los trópicos.

Este fenómeno es, sin embargo, complejo, pues depende de la temperatura, del estado higrométrico del aire, de la forma de las montañas, de la dirección de los vientos reinantes y de su contacto con la tierra ó con el mar, de la altura total de la eminencia, de lo escarpado de sus vertientes, y, en fin, de la extensión

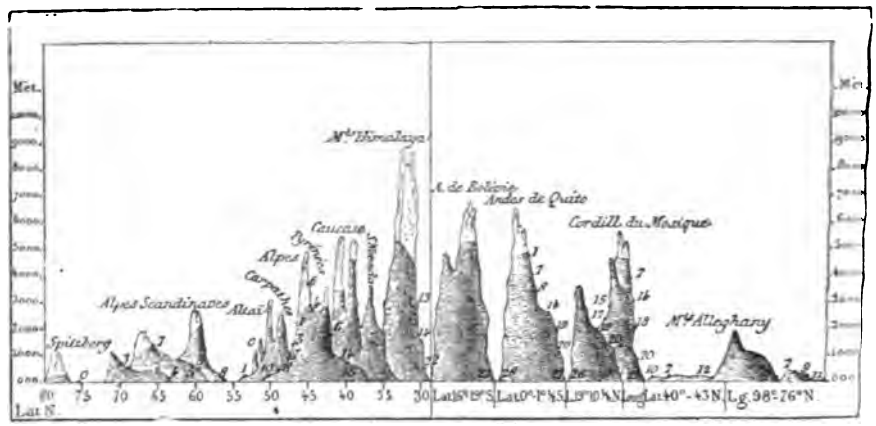


Fig. 19. - Alturas de las montañas correspondientes á las líneas isotermas. (Los puntos son los lugares de observación. - Las cifras indican la temperatura media de un año caluroso)

y elevación absoluta de las mesetas que soportan dicha montaña. Todas estas causas reunidas imprimen al límite de las nieves el carácter de una gran variabilidad.

Se ha procurado averiguar hace mucho tiempo cuál es la relación meteorológica que une la altitud del límite inferior de las nieves persistentes con el clima de cada comarca. Bouguer opinaba que este límite correspondía á una temperatura media anual igual al hierro fundente. De Buch y de Humboldt han procurado demostrar que se relacionaba mejor con una temperatura media de verano igual á aquel mismo grado; sin embargo, se ha advertido que el límite de las nieves no respondía en modo alguno á esta condición.

M. Renou ha demostrado recientemente que este límite está ligado á la distribución de la temperatura en las diversas estaciones.

El límite inferior de las nieves no es tan sólo una función de la latitud y de la temperatura media anual, ni es tampoco en el ecuador, ni en la zona intertropical, como se ha creído por espacio de mucho tiempo, donde llega á su mayor altura. Sometiéndolo á un análisis detallado, cosa que las observaciones recien-

tes permiten hacer, reconócese que depende del concurso de un gran número de causas, además de las precedentes, como, por ejemplo, la diferencia de las temperaturas propias de cada estación, el grado habitual de sequía ó de humedad de las capas superiores de la Atmósfera, el espesor absoluto de la masa de nieve acumulada, la relación entre la altura del límite inferior de las nieves y la total de la montaña, etc.

En nuestras latitudes, la nieve ocupa durante el invierno todas las pendien-

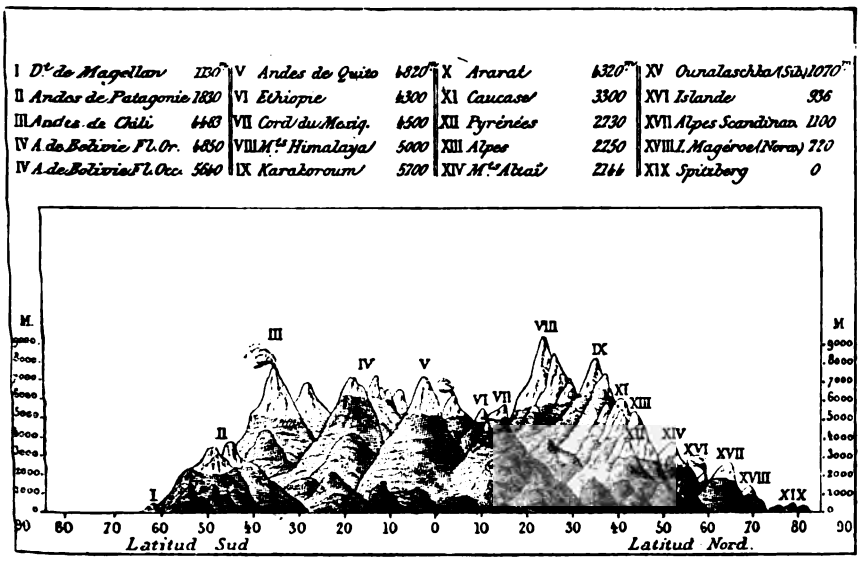


Fig. 20. – Alturas de los límites de las nieves perpetuas

tes hasta llegar á las llanuras; en la primavera empieza á derretirse por su parte inferior; en el verano se derrite rápidamente, y por último, esta función cesa en el otoño al llegar á cierto límite, que es el mismo casi siempre y forma lo que se llama límite de las *nieves perpetuas*, ó mejor aún, *persistentes*. Así pues, el fenómeno es alternativo; por espacio de seis meses, las nieves avanzan considerablemente; durante los otros seis retroceden, y esta simple consideración demuestra que el límite superior sólo debe depender de la mitad más cálida del año, época comprendida en la mayor parte de los países situados al Norte del ecuador, entre el 22 de abril y el 22 de octubre. En atención á lo que precede se ha formulado esta ley general:

En todas las comarcas del globo, el límite de las nieves persistentes es la altitud en la cual la mitad más cálida del año tiene una temperatura media igual á la del hielo fundente.

Los glaciares propiamente dichos constituyen un fenómeno aparte; consisten,

en efecto, en masas de hielo formadas en los valles donde se acumulan considerablemente y por los cuales descienden sin cesar en substitución del hielo que se derrite en la parte inferior.

La tabla siguiente indica la diminución (á partir del ecuador) de la altura del límite de las nieves, y de la temperatura media de la mitad más cálida del año en las llanuras que están al pie de aquéllas.

REGIONES	Latitud	Altitud del límite de las nieves	Temperatura media
Andes.	1°	4 795	27°4
Méjico.	19	4 580	26 2
Himalaya { vertiente S.	30	3.956	25 0
Himalaya { vertiente N		5.067	24 0
Cáucaso..	43	3.216	20 0
Pirineos..	42	2.800	17 5
Alpes.	45	2.700	17 0
Karpathos.	47	1.592	16 2
Altai..	49	2.144	13 4
Alpes escandinavos. . .	61	1.650	10 3
Islandia..	95	940	6 3
Noruega (Magerœ). . .	71	714	4 8
Isla Cherry..	72	180	1 2
Spitzberg, costa SO.. .	78	0	0 0

Conocemos perfectamente el límite *inferior* de las nieves perpetuas; en cuanto al *superior*, no es tan fácil porque las cimas más elevadas están muy lejos de llegar á las capas de aire que ya no contienen vapor capaz de engendrar cristales de hielo. Verdad es que si á pesar de esto se elevaran á una altitud más considerable en los espacios aéreos, acabarían por alcanzar un límite superior. En efecto, la helada atmósfera de las altas regiones sólo contiene una proporción muy exigua de vapor, y los escasos copos de nieve que pudieran caer en las cumbres de 15.000 ó 20.000 metros no tardarían en ser arrastrados por el viento ó derretidos por los rayos solares. En los flancos de una montaña de semejante elevación habría una zona de nieve persistente, limitada por un lado por una región herbácea, y por otro por espacios desiertos totalmente desnudos de vegetación. Según Tschudi, á 3.300 metros de elevación en los Alpes no cae más que una cantidad de nieve relativamente corta; la mayor parte de las nubes cargadas de copos se aligeran de peso en las pendientes situadas entre 2.300 y 2.600 metros, á cuya altura, la humedad cae también en forma de lluvia; pero á los 3.000 las nubes casi nunca son lluviosas y á los 3.600 sólo contienen nieve.

La nieve que cae en las montañas más arriba del límite de las nubes perpetuas no se derrite. Tan sólo una parte mínima, fundiéndose á los rayos del sol, se filtra á través de la nieve, y congelándose de nuevo esta agua durante la noche, pasa á formar otro género de nieve intermedio entre la ordinaria y el hielo, especie de masa granulosa que se compone de cristales redondos y soldados entre sí por efecto de la presión que sufren. La densidad de dicho género de nieve, que podríamos llamar *nevazo*, ocupa un término medio entre la de la nieve y la

del hielo; pues mientras un metro cúbico de nieve pesa 86 kilogramos próximamente, y otro de hielo compacto 900, igual cantidad de *nevazo* varía entre 300 y 600 kilogramos (el agua pesaría 1.000 kilogramos). La línea divisoria entre la nieve y el nevazo no está bien determinada. El segundo pasa sucesivamente por una serie de densidades según la presión á que está sometido; primero, se con-

Fig. 21. – Mar de hielo

vierte en hielo burbujoso, luego en hielo granujiento blanco, y por fin, en hielo azul compacto que forma la substancia de los glaciares.

Las condiciones más favorables para la formación de glaciares se reunen, según dice Agassiz, cuando hay muchas montañas bastante próximas entre sí. Sucede entonces que no solamente se llenan de glaciares las cumbres, sino también las mesetas y los valles intermedios hasta un nivel al que probablemente no llegarían si las altas cimas estuviesen más distantes unas de otras. Así es que hay vastas mesetas de diez, veinte y hasta treinta leguas cuadradas que sólo presen-

tan una superficie continua de hielos, sobre la cual se destacan las crestas y las cimas de las más elevadas montañas como islas volcánicas en medio del Océano. Estas dilatadas extensiones de glaciares se conocen con el nombre de *mares de hielo*, los cuales destacan por toda su circunferencia emisarios que descienden por las gargantas y las anfractuosidades de las montañas á las regiones inferiores, siendo estos emisarios los *glaciares* propiamente dichos, cuyo número es muy variable y depende esencialmente de la estructura de las moles cubiertas de mares de hielo. En Suiza se cuentan 600 glaciares propiamente dichos. La región de los Alpes comprendida entre el Monte Blanco y las fronteras del Tirol, forma un mar de hielo de más de 138 leguas cuadradas. Tales son los inagotables depósitos que alimentan los ríos principales de Europa.

El hielo de los glaciares no se parece en nada al ordinario. En lugar de ser terso y resbaladizo, es desigual, rugoso ó estriado, casi nunca liso, y compuesto de una multitud de fragmentos angulares, que tienen comúnmente de 20 á 50 centímetros de diámetro, y están separados entre sí por numerosas hendeduras capilares. A medida que se sube hacia la parte superior de los glaciares, se ve cómo disminuyen de volumen estos fragmentos hasta reducirse á simples granulaciones; la masa entera pasa entonces al estado de nieve granujienta, ó sea al *nevazo*, de que hemos hablado más arriba. Los glaciares no son, por decirlo así, sino transformaciones de nevazo operadas por el agua. Aunque la temperatura media de las regiones donde predominan los nevazos sea con mucho inferior á cero, el sol llega, no obstante, á derretir una gran parte de éstos durante los meses calurosos del verano. El agua que resulta de esta fusión se filtra en la masa, y substituyendo allí á la que el nevazo contiene en abundancia, se congela durante la noche y transforma así una parte de aquél en un hielo, poco compacto al principio, pero que adquiere progresivamente consistencia y espesor, á medida que se filtran nuevas aguas y se halla en movimiento la masa entera. La transformación del nevazo en hielo se verifica generalmente de abajo arriba, por la sencilla razón de que, como el agua tiende siempre á descender, la parte inferior de aquel es la primera que se empapa.

Ningún glaciar es enteramente blanco; vistos de lejos, tienen por lo común un tinte azulado ó verdoso, más intenso en las paredes de las agujas y en el interior de las hendeduras que en la superficie. Cuando se llega al glaciar mismo, la superficie no cubierta por los montones de pedruscos parece de blanco mate. Por último, á medida que se sube por el glaciar y el hielo es menos compacto, los colores pierden insensiblemente su intensidad, y el azul de las grietas, cada vez menos obscuro, cada vez más mate, se transforma en un verde de rara belleza. ¿Cuáles son las causas que producen tan variadas tintas? La ciencia no ha resuelto todavía este curioso problema; pero desde luego podemos asegurar que no es el azul del cielo como se ha pretendido, pues los glaciares conservan su color cuando está nublado.

El 14 de septiembre de 1868, hallándose el cielo cubierto y después de haber

caído una menuda llovizna, visité la gruta del glaciar de Grindelwald, en compañía del profesor Lissajous, y aquél se presentaba teñido de los variados matices de la esmeralda, como en los días más serenos. A la entrada de la gruta, la transparencia de los grandes pedazos de hielo y la refracción de la luz recordaban de un modo singular las tintas de la caparrosa. En el fondo de la gruta, en una sala cuadrada, alumbrada por una lámpara antigua, estaba sentada una vieja hechicera, tocando una cítara de cuerdas metálicas; los reflejos de la lámpara eran blancos como en una gruta de sal. El obscuro río Lutschine sale en rápidas oleadas del glaciar. Los lechos del torrente, las cascadas, los pedruscos procedentes de los antiguos derrumbamientos, las aglomeraciones de peñascos y la sucesión admirable de los paisajes del Wengernalp forman en aquel pequeño desierto de los Alpes un boceto físico y meteorológico que ofrece á cuantos con atención lo contemplen un conjunto bastante completo de los conocimientos que resumimos en este capítulo.

Todos los glaciares tienen quebradas, es decir, enormes hendeduras que tan pronto atraviesan de parte á parte la masa de hielo, como tan sólo penetran en ella hasta cierta profundidad. Pero el número, la forma, las dimensiones y la disposición de aquellas grietas varían hasta lo infinito en los diferentes glaciares y en las diversas partes de uno mismo, según la mayor ó menor inclinación de la forma y del fondo del valle. En general, se pasan ó se saltan sin trabajo y sin peligro; pero á veces se encuentran algunas tan anchas, que es preciso rodearlas ó atravesarlas por medio de escalas. De Saussure vió una que tenía más de 32 metros de anchura, sin que se pudiera distinguir el fondo por ninguna parte. Por lo común, su profundidad es de 30 á 40 metros. La nieve cae con frecuencia en aquellas hendeduras y las tapa. Cuando no hace más que reunir sus dos bordes, forma sobre el abismo un puente, que el menor desprendimiento del glaciar basta para hundir. Estas capas de nieve sin apoyo son las que constituyen el mayor peligro para los viajeros. Ningún indicio revela la ancha grieta que quizás tiene una profundidad de algunos centenares de metros; el campo de nieve está unido y parece invitar á atravesarlo; pero tan luego como se fija la planta en aquel abismo oculto sin haber sondeado prudentemente la nieve, se hunde la masa entera, arrastrando consigo al desgraciado que confiaba en ella. Todos los años ocurren accidentes de esta clase en las montañas.

No es posible dominar cierto terror al encontrarse en un glaciar en el momento de abrirse una grieta. El río de hielo, dice E. Reclus, empieza de pronto á crujir; en el espesor de la masa se oyen por momentos sordas detonaciones causadas por bruscas roturas, mientras que un prolongado chirrido, análogo al del cristal rayado por el diamante, anuncia el aumento gradual de la hendedura. Aquellas grietas, ensanchadas poco á poco, ofrecen un espectáculo sorprendente. Sus dos paredes azuladas penetran hasta las tinieblas insondables; las piedras que caen de la superficie rebotan en las salientes, y se pierden luego en la obscuridad produciendo sordos ecos; elévase de las profundidades un vago

rumor de aguas corrientes, y á veces brotan del abismo ásperas bocanadas de aire frío y penetrante; al inclinarse sobre aquella horrible abertura, se experimenta una especie de vertiginoso terror, como si los rumores y las tinieblas del abismo fuesen los de un mundo misterioso y terrible.

En los Alpes de la Suiza francesa se da el nombre de *moraines* á los montones de rocas, arena y cascote que se observan en las orillas, en el extremo superior ó en la superficie misma de un glaciar: reconocen por causa los desmoronamientos de las montañas que los dominan, y su tamaño varía según la frecuencia de las avalanchas en los diferentes valles, la naturaleza de las rocas de que éstas están formadas, el aspecto del glaciar, etc.; pero, en general, aumentan á medida que avanzan hacia la extremidad inferior de aquél.

Anualmente caen en los Alpes unos 18 metros de nieve, que equivalen á una capa de hielo de $2^{m},30$. En aquellas altísimas regiones, el calor solar es insuficiente para derretir una cantidad tan grande de agua sólida, por lo cual queda cada año un residuo ó depósito de hielo que forma el núcleo de los glaciares. Estas capas anuales, amontonadas siempre en el mismo sitio, acabarían por constituir verdaderas montañas. Suponiendo que en un punto determinado tomado sobre la línea de las nieves sea de un metro la capa añadida cada año, este depósito agregado sin cesar á sí mismo durante el corto período de la era cristiana formaría hoy una elevación de 1872 metros; y si en vez de empezar esta acumulación con los tiempos históricos, se remontara hasta las edades geológicas, la altura de la nieve apilada excedería á cuanto pudiéramos imaginar. Es evidente que no se efectúa una aglomeración de esta especie, y que la cantidad de nieve de las montañas aumenta solamente en la proporción que acabamos de decir. Por una razón ó por otra tampoco puede el Sol absorber el Océano entero haciéndolo desaparecer de su lecho, y amontonar sus aguas de un modo permanente en las montañas.

Pero ¿cómo desaparece de los hombros de las montañas este exceso anual de carga? Por medio del Sol mismo y de los meteoros. El astro que eleva los vapores del Océano hasta las cimas aéreas, se encarga también de conducir de nuevo las aguas superiores al gran depósito marítimo. El Sol funde una parte de dichas nieves: las lluvias y las tibias nieblas, empujadas por los vientos á las pendientes de las montañas, le ayudan enérgicamente en esta obra. Los vientos fríos contribuyen también á ello, levantando las nieves en rápidos torbellinos y haciéndolas caer en las pendientes inferiores donde la temperatura media es más elevada. No hay deshecha borrasca de invierno que no arrebate millones de metros cúbicos de nieve de las crestas de las altas montañas, como se puede ver desde el llano cuando las cumbres azotadas por el viento humean como cráteres y las capas de nieve hecha polvo se dispersan en considerables torbellinos. Sin embargo, los vientos cálidos y secos ejercen una acción más poderosa aún que las tempestades para reducir las masas de nieve que pesan sobre las cumbres: el viento del Mediodía, llamado *fœhn* por los montañeses, derrite ó evapora á

veces en doce horas una capa de nieve de $0^m,75$ de espesor; «se come la nieve,» dice el proverbio, y lleva la primavera á aquellas alturas. El *fœhn* es, después del Sol, el principal agente climatológico de los Alpes.

Por lo demás, las nieves y los hielos no permanecen inmóviles, sino que bajan deslizándose á lo largo de las pendientes por grados casi insensibles. A medida que una capa se superpone á otra, las porciones más profundas de la masa se comprimen y consolidan; el peso de las capas superiores oprime á las inferiores, que ceden al esfuerzo que las impele y tienden á descender.

Al mismo tiempo, el glaciar resbala en su inclinado lecho; baja en masa por la pendiente de la montaña, embotando las asperezas de las rocas y puliendo sus duras superficies. La capa inferior de este poderoso bruñidor queda á su vez llena de los surcos y grietas que forman en ella las peñas sobre que pasa; pero á medida que la masa de nieve helada va descendiendo, entra en una región más cálida, se derrite más de prisa, y á veces, antes de haber llegado á la base de la pendiente, queda enteramente abierta ó destruída por la fusión. Sucede también á veces que la masa helada va á parar á valles anchos y profundos, y después de consolidarse en ellos, continúa descendiendo con lento y mesurado paso, imitando en sus movimientos el curso de un río. De este modo traspasa el límite de las nieves perpetuas, hasta que la pérdida sufrida por abajo compensa el aumento adquirido arriba, y en aquel punto termina el glaciar.

El movimiento de traslación de un glaciar no es el mismo en todas sus partes, sino que sus diferentes secciones están animadas de velocidades particulares. La línea media, en la que el espesor y la pendiente son mayores, se mueve con más rapidez. Las orillas, donde la masa es más delgada y donde el rozamiento produce una resistencia sensible, se mueven con más lentitud. Agassiz y Desor han medido de un modo exacto las cantidades de movimiento de las diferentes partes del glaciar del Aar, plantando en su superficie, en el sentido de su anchura, series de estacas bien alineadas cuya marcha podían observar, relacionándola con varios objetos fijos designados en las rocas circunvecinas.

Una serie de estacas plantadas en una línea recta transversal de 1.350 metros de longitud describía al cabo de un año una curva compleja cada vez más convexa. Colocando los jalones en la línea media del glaciar, los físicos suizos han averiguado que las partes medias caminan á razón de 70 ó 77 metros por año, al paso que el talud terminal ó glaciar sólo avanza 30, y su parte superior 40 próximamente.

Cuando Saussure ascendió al Monte Blanco en 1788, dejó una escala al pie de la aguja Negra, y esta escala se encontró en 1832 á la distancia de 4.350 metros más abajo, habiendo descendido, por consiguiente, durante estos 44 años con una velocidad media de 99 metros por año ó 27 centímetros por día. Una mochila caída en 1836 en una grieta del glaciar de Talefre y encontrada diez años después, anduvo más rápidamente que la escala de Saussure, pues recorrió 129 metros por año, ó sea más de 35 centímetros por día. Sin embargo, esto

objetos no pueden servir para medir la marcha efectiva del glaciar, porque para ello sería preciso saber de una manera positiva si al empezar á bajar estaban en a parte central ó en las orillas de la corriente de hielo, en el medio ó inmediatos al fondo. Sea lo que quiera, se han hecho cálculos aproximados que inducen á creer que la nieve caída en la garganta del Gigante invierte unos cien años en legar, convertida en hielo, al extremo inferior del glaciar de Bossóns.

Algunos restos humanos han servido por desgracia para comprobar el movimiento de los hielos. En 1861, 1863 y 1865 se encontraron en el glaciar de Bossóns los restos de tres guías que se hundieron en 1820 en la primera grieta practicada en la base del Monte Blanco. Aquellos cadáveres, tragados, por decirlo así, por el hielo, recorrieron durante un período de más de 40 años un espacio de 6 kilómetros próximamente, es decir, que descendieron á razón de 140 á 150 metros por año. En un glaciar más lento de los Alpes austriacos, que se extiende en el Ahrenthal, se descubrió en 1860 un cadáver bien conservado, y vestido con un traje cuya hechura antigua no está de moda hace ya algunos siglos en aquellas montañas.

Los héroes del glaciar, dice Michelet, han sido también sus mártires: merced á ellos se ha conocido especialmente su movimiento progresivo. Jacobo Balmat quedó sepultado en uno de ellos en 1834; Pedro Balmat en 1820; sus restos, hallados al pie del glaciar en 1861, demostraron que éste verificaba su descenso en cuarenta años. El aspecto de aquellos tristes despojos, que se ven dentro de un escaparate en el museo de Annecy, conmueve sobre manera cuando se reflexiona que aquella familia heroica, no solamente fué la primera en subir á la cumbre, sino que también sirvió su desgracia para comprobar la ley de los glaciares y su evolución regular, que abre un nuevo horizonte.

La fusión de las nieves es á veces causa de que pierdan su centro de gravedad enormes masas de hielo, que se precipitan entonces á lo largo de las faldas de las montañas, empujando con violencia cuantos obstáculos se oponen á su rápida caída. Tales son las *avalanchas*, muchas de las cuales, harto memorables, han destruído aldeas enteras y sepultado bajo sus ruinas apacibles poblaciones. La mayor parte de las caídas de nieves tienen lugar con gran regularidad, de suerte que el anciano montañés, hábil para discernir las señales del tiempo, puede anunciar de antemano la hora en que tendrá lugar el derrumbamiento, bastándole para ello tender la vista sobre las superficies nevadas. La ruta que siguen las avalanchas está trazada en los flancos de las montañas. Los montones de nieves que se desprenden de las pendientes superiores se precipitan por los lechos inclinados que les ofrecen los barrancos, descienden formando prolongados surcos, y al llegar al fondo, se extienden sobre anchurosos taludes de reliquias de anteriores avalanchas. La mayor parte de los montes están llenos de surcos verticales donde se engolfan en la primavera aquellas masas desplomadas.

En las pendientes rápidas, las nieves se deslizan también por las escarpadu-

ras, se amontonan en las prominencias ó cualesquier obstáculos, se acumulan en las partes que presentan menos declives, y luego, cuando están animadas de una gran fuerza de impulsión, se desmoronan con estruendo y se precipitan en

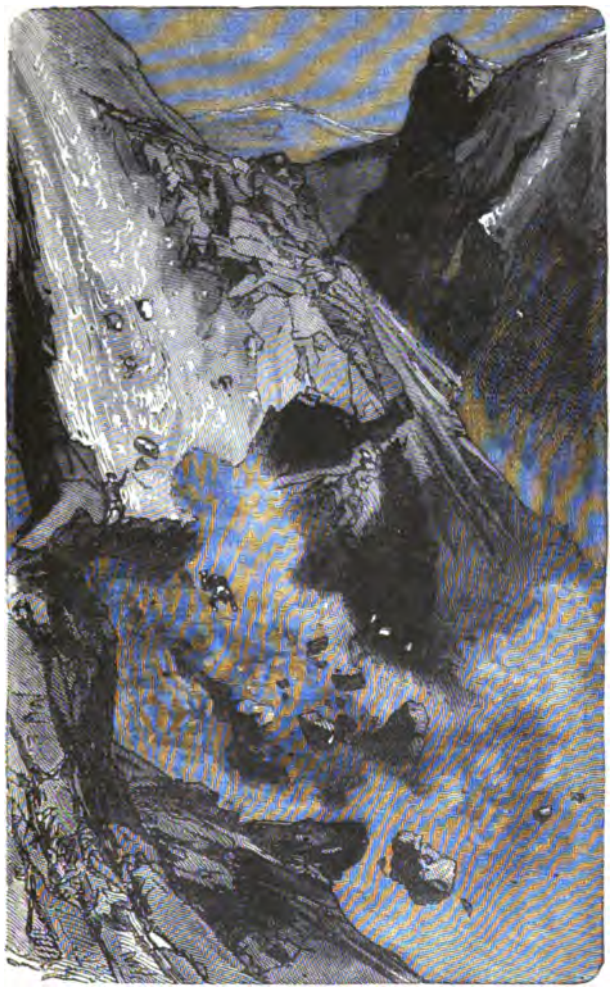


Fig. 22. – La avalancha

las profundidades de las gargantas. El curso de cada avalancha varía según la forma de cada montaña. En las escarpaduras cortadas á pico, las nieves de las mesetas superiores se sepultan directamente en los abismos que se abren debajo de ellas. Durante la primavera y el verano, cuando las blancas hileras de piedras de hielo, reblandecidas por el calor, se desprenden de hora en hora desde

las altas cimas, el viajero, parado en algún promontorio vecino, contempla con admiración esas repentinas cataratas que se precipitan de lo alto de las brillantes cumbres. Primeramente se ve cómo la enorme capa de nieve se lanza en forma de catarata y se sepulta en los escalones inferiores; elévanse por los aires en lontananza torbellinos de nieve pulverulenta, y luego, cuando la nube se ha disipado y aquel espacio vuelve á su solemne paz, se oye de pronto el estruendo de la avalancha, prolongando sus sordos ecos por las anfractuosidades de las rocas; creeríase entonces escuchar la voz de la montaña misma.

Todos estos hundimientos de nieve son, en la economía de los montes, fenómenos tan regulares y normales como el desprendimiento de las lluvias en los ríos, y forman parte del sistema general de circulación de las aguas en cada cuenca. Pero á causa de la superabundancia de nieves, de una fusión muy rápida ó de cualquiera otra causa meteorológica, ciertas avalanchas excepcionales, análogas á las inundaciones de los ríos desbordados, producen desastrosos efectos, asolando los terrenos cultivados de las pendientes inferiores y aun arrasando pueblos enteros. Semejantes catástrofes, unidas á los desprendimientos de rocas, son los acontecimientos más terribles de la vida de las montañas.

«Las avalanchas conocidas con el nombre de avalanchas pulverulentas son las que inspiran más temor á los habitantes de los Alpes, añade E. Reclus, no solamente á causa de sus estragos directos, sino también por los efectos de las trombas que las acompañan á menudo. Cuando los nuevos lechos de copos no se han adherido aún á las nieves antiguas que van cubriendo, basta á veces que pase una gamuza, que caiga una rama ó el rumor de un simple eco, para romper el equilibrio. Entonces la capa superior se agita lentamente resbalando sobre las masas endurecidas, y se precipita con un movimiento más rápido donde la pendiente del suelo favorece su marcha. Engrosada sin cesar por las otras capas de nieve ó por los pedruscos, los cascotes y las malezas que arrastra, pasa por encima de los cintos de roca y de los barrancos, desarraiga los árboles, arrasa las cabañas que encuentra á su paso, y semejante á un lienzo de montaña que se hunde, va á parar al valle, llegando en su furioso ímpetu hasta subir por la vertiente opuesta. En torno de la avalancha elévase la nieve pulverulenta en anchurosos torbellinos; muge el aire á derecha é izquierda cual desatada tormenta que sacude las rocas y arranca los árboles de raíz. Se han visto millares de árboles derribados por el viento que produce la avalancha, en el momento en que ésta se abría un ancho camino á través de selvas enteras y destrozaba al pasar las chozas del valle.»

Los bosques que dominan ciertos pueblos de los Alpes los preservan por sí solos de los espantosos efectos de las avalanchas; no es, pues, extraño que esté prohibido, bajo las penas más severas, cortar un solo árbol. Si una causa cualquiera destruyese dichos bosques, los habitantes de las aldeas protegidas por ellos se verían obligados á trasladar su domicilio á otra parte. En gran número de localidades menos expuestas se construyen sobre las iglesias ó las ca-

sas una especie de bastiones de piedra. Por último, en los pasos más peligrosos de los caminos construídos en los Alpes durante el siglo último, hay galerías abovedadas capaces de resistir un choque violento y que ponen al viajero al abrigo de todo riesgo, á pesar de lo cual, apenas pasa un año sin que las avalanchas ó las tormentas de nieve dejen de costar la vida á algún desdichado viandante.

Tales son los glaciares considerados en su estructura, en su modo de formación, en su marcha y en su obra meteorológica. Tales son los caracteres principales de las eminentes montañas que reciben las aguas del cielo para distribuirlas á las naciones de la Tierra.

LIBRO CUARTO

EL VIENTO

CAPITULO I

EL VIENTO Y SU CAUSA

CIRCULACIÓN GENERAL DE LA ATMÓSFERA. — VIENTOS REGULARES Y PERIÓDICOS. — ALISIOS. — MONZONES. — BRISAS

El libro precedente nos ha puesto en disposición de apreciar el valor del calor solar y sus efectos directos en las estaciones y los climas. Llegamos ahora al estudio de las grandes corrientes de la Atmósfera y de los mares, que son en sí mismas la prueba incesante de la acción del Sol en nuestro planeta. Sin él, la Atmósfera permanecería inmóvil alrededor del globo, pesada, fría, muerta, envolviendo á la Tierra en un verdadero sudario, jamás agitada por el céfiro ó la brisa, receptáculo de todos los miasmas, emponzoñada y deletérea. Merced á él, establécese una inmensa circulación de un extremo del mundo al otro, circulación que renueva todas las capas aéreas, que barre las emanaciones funestas, que substituye los abrumadores calores con una frescura regeneradora, ó los fríos de los períodos glaciales con los tibios efluvios primaverales; que siembra por doquiera la riqueza, la fecundidad, la vida; que hace, en una palabra, aspirar á todos los seres su hálito maternal y siempre puro.

¿Qué es el *viento?* En esta sección de nuestra obra y en la que sigue, referente á las nubes y las lluvias, utilizaremos los datos generales de la meteorología; pues las corrientes por una parte, y por otra la acción del agua en la Atmósfera, forman los dos grandes centros de gravedad en que se equilibra la marcha del tiempo y el estado meteorológico de las estaciones y los años. Aquí nos importa sobre todo apoyarnos en bases exactas para nuestro conocimiento, y saber darnos cuenta del mecanismo general de esta fábrica colosal que distribuye los bienes y los males en los campos de la Tierra y en las generaciones vivientes. La meteorología no podrá sostener la comparación con su hermana mayor la astronomía, es decir, no se podrá fijar en principios conocidos ni per-

mitirá á la ciencia anunciar los movimientos de la Atmósfera, los vientos, las lluvias, las sequías y las tempestades del mismo modo que anuncia el movimiento de los astros, hasta el día en que podamos abarcar de una misma ojeada la circulación general que se efectúa constantemente en el globo entero, dando origen á las diversidades locales en que están divididas tanto las épocas como las regiones.

¿Qué es el viento?

El viento no es otra cosa sino *una cantidad cualquiera de aire puesta en movimiento en virtud de una alteración en el equilibrio de la Atmósfera.*

El viento es el aire que corre. Corre, por regla general, horizontalmente, y no uniformemente, sino por empujes desiguales. El origen de este movimiento del aire es una diferencia de presión. Si la Atmósfera tuviera por todas partes y siempre la misma densidad, si todos los barómetros puestos en la superficie del globo dieran continuamente las mismas indicaciones, no existirían los vientos; pero gran número de causas tienden á destruir sin cesar el equilibrio de la Atmósfera. Entre estas causas, las más importantes son las desigualdades de temperatura y las transformaciones del vapor de agua. De ello resulta que la presión atmosférica es muy desigual y variable según las regiones, así como según las estaciones y las horas del día. En general, el viento sopla de las regiones donde la presión es elevada hacia aquellas en que es menor. Alrededor de un máximo de presión, el viento sopla hacia fuera en todas direcciones. Alrededor de un mínimo, al contrario, sopla hacia dentro.

Hemos dicho que las desigualdades de temperatura son una de las primeras causas de la diferencia de densidad y, por consiguiente, de presión.

Supongamos por un momento que la Atmósfera está absolutamente tranquila en todas partes. Pasa una nube por delante del Sol, y el aire colocado al paso de dicha nube se refresca y sufre una condensación. Como ha adquirido más densidad, tiende inmediatamente á ponerse en equilibrio, y por consiguiente, se efectuará un desalojamiento en el sentido de la marcha de la nube, resultando una corriente de aire fresco, que procurará ocupar cuanto antes el sitio del aire más caliente y más dilatado que esté inmediato á ella.

Supongamos que el Sol, brillando en un cielo sin nubes, permanece inmóvil sobre nuestras cabezas. El aire situado directamente debajo de él se calentará más pronto que el que recibe sus rayos con mucha oblicuidad. Una vez dilatado, se eleva hacia las regiones aéreas menos densas; el que se halla próximo á él pasa en seguida á ocupar su sitio, y aquí tenemos engendrada otra corriente de aire.

Así, pues, las grandes corrientes de la Atmósfera, los vientos generales y periódicos no consisten en otra cosa sino en esa rebusca infatigable de equilibrio destruído sin cesar por las diversas influencias del Sol, como pasaremos á demostrarlo haciendo extensivo á la superficie entera del globo el pequeño ejemplo que precede.

¿Qué se observará cuando llegan á calentarse de un modo desigual dos porciones contiguas de la Atmósfera?

La dificultad del problema consiste en que, en medio de un aire puro, la vista no puede percibir el menor indicio que le revele cómo cambian de lugar las capas atmosféricas. Sin embargo, hasta cierto punto se ha conseguido dar con la solución.

Para determinar cómo se mezclan las atmósferas de dos habitaciones contiguas y calentadas desigualmente, Franklin ideó recorrer con una bujía todo el contorno de la puerta de comunicación. En el umbral la llama señalaba una corriente dirigida desde la sala fría á la caliente. En el dintel la llama se inclinaba en sentido inverso, señalando una corriente dirigida desde la sala caliente á la fría. A cierta altura entre ambas posiciones extremas, el aire parecía estacionario.

Fig. 23. – Experimento sobre la causa de los vientos

Del mismo modo, si en un punto de la superficie de la Tierra existe una causa de calefacción, la columna superpuesta se eleva, dirígese una corriente inferior hacia la parte caldeada, y la columna de aire caliente suscita una corriente superior que tiene un movimiento inverso ó dirigido desde el sitio caliente al frío.

Los que han residido en las regiones cálidas á orillas del mar saben que todos los días, desde cierta hora (las nueve ó las diez de la mañana), se levanta un viento que sopla del mar hacia la tierra, *una brisa de mar;* este viento, esperado con impaciencia por los habitantes, refresca la atmósfera durante la mayor parte del día hasta las cinco ó las seis de la tarde. Fácilmente se averigua la causa de este viento mediante el experimento de Franklín, pues depende efectivamente de las calefacciones desiguales que la acción de los rayos solares hace experimentar á las tierras continentales y al Océano.

Todos los días, desde las nueve de la mañana, cuando la temperatura de la costa empieza á exceder de la temperatura media, que es próximamente la del mar, el aire que descansa sobre éste sopla hacia la tierra. Por el contrario, después de las nueve de la noche, y cuando la temperatura de la costa vuelve á ser menor que la media, el aire refluye de la tierra al mar. A la brisa de mar ó de

la mañana sucede así cada día, después de algunas horas de calma, la brisa de la noche ó de tierra.

Además de las mareas, las embarcaciones pueden aprovechar estos dos vientos para entrar ó salir de los puertos.

Las brisas cesan de percibirse á una corta distancia de las costas, y en su lugar reinan en el mar los vientos llamados *monzones*, de los cuales nos ocuparemos en breve. La observación demuestra que, en el hemisferio boreal, el monzón de primavera empieza en abril y el de otoño en octubre; en el hemisferio austral, donde las estaciones se presentan en sentido inverso, según hemos visto, el monzón de otoño comienza en abril y el de primavera en octubre. Este viento siempre sopla hacia el hemisferio que el Sol calienta más con sus rayos. El paso de un monzón al otro hemisferio es frecuentemente una época crítica para la navegación, ya porque muchos vientos traban una especie de combate del que resultan tempestades, ó ya porque reina, por el contrario, una calma más ó menos prolongada entre los dos monzones opuestos. La conformación de los mares y de las costas influye en estos fenómenos hasta el punto de imponerles leyes particulares en cada región.

Como en el ecuador el Sol hiere á la Tierra con sus rayos en una dirección perpendicular ó casi vertical, produce allí, según hemos visto, una temperatura constantemente más elevada que en los demás puntos de nuestro globo, de lo cual resulta que desde los dos hemisferios deben afluir hacia el ecuador dos corrientes inferiores.

El aire, sumamente caldeado en la zona ecuatorial, se eleva en masa hacia las regiones de la Atmósfera. Al llegar la capa ascendente á cierta elevación que desconocemos, pero que debe ser de muchos kilómetros, se divide en dos, prolongándose en dirección de los polos.

El movimiento ascendente así producido da lugar á una atracción de aire á ambos lados de las regiones tórridas, y por lo tanto otras dos capas se dirigen desde las regiones templadas hacia dicha línea, rasando la superficie del suelo. Vemos, pues, que en toda la periferia de la Tierra existe un doble circuito aéreo, que explicaremos del modo siguiente con M. Marié Davy, ilustrado y laborioso director del servicio meteorológico del Observatorio de París.

Veamos primeramente lo que sucede en el circuito Norte. Una corriente de aire salida de las regiones tropicales marcha hacia el ecuador. Esta corriente, situada en las regiones inferiores de la Atmósfera y en la superficie del globo, es accesible directamente á nuestra observación y constituye los *alisios* del hemisferio Norte. Al llegar á una distancia muy corta del ecuador, variable según las estaciones, se levanta, se remonta por el aire, y cuando ha llegado á cierto nivel, toma una dirección sensiblemente horizontal hacia el polo, descendiendo siempre gradualmente á medida que se aleja del ecuador. Maury ha dado á esta rama de la corriente el nombre de *contra-alisio* superior.

Pero si se limitara allí, el circuito no quedaría completo; los alisios y contra-

alisios, ligados entre sí por la rama ascendente de la región ecuatorial, no lo están todavía por la parte del Norte.

Si la Tierra estuviese inmóvil é iluminada por todas partes á la vez, y si su superficie fuese además homogénea, la reunión de las dos ramas horizontales se verificaría indudablemente en el Norte, del mismo modo que tiene lugar en el Sur, excepción hecha del sentido del movimiento. El contra-alisio superior se inclinaría hacia el suelo para ir á unirse con el alisio, y la circulación de la Atmósfera quedaría casi exclusivamente encerrada en límites poco elevados. Observemos, sin embargo, que existiendo en el ecuador el origen primitivo del movimiento, éste será allí tan regular como la causa que lo produce. El alisio y el contra-alisio participarán á su vez de esta regularidad en la inmediación de la línea equinoccial; pero á medida que se separen de dicha línea, la acción motora obrará de un modo cada vez menos directo. La capa descendente será, pues, más difusa, mucho menos limitada y fija que la capa ascendente. Su posición media dependerá de la actividad media de la *aspiración* ecuatorial y de la altura á que llegue el contra-alisio. Esta altura está enlazada á su vez con la ley de descenso de la temperatura según la altitud; puede variar según las estaciones.

El circuito Sur es un poco más extenso que el circuito Norte, pues invade algún tanto el hemisferio boreal, en la superficie del Atlántico, al que se refiere nuestra fig. 24; en el verano esta invasión es mucho más marcada que en el invierno.

No es posible que se establezca en el seno de una Atmósfera movible como la nuestra una circulación, por regular que queramos suponerla, sin que la parte no comprendida directamente en el movimiento deje de experimentar cierto rechazo. Por otra parte, el descenso de la temperatura se extiende hasta los polos, siendo los movimientos atmosféricos la consecuencia obligada en aquellas altas latitudes. Dos circunstancias principales hacen salir á las corrientes aéreas de los límites abarcados por los circuitos precedentes, dando lugar á los dos circuitos secundarios N′ y S′; la rotación del globo sobre su eje y alrededor del Sol, y la distribución de las tierras y mares en la superficie de la Tierra.

Nuestro planeta gira sobre sí mismo en dirección de Oeste á Este. Todos sus puntos efectúan una revolución completa en un mismo período de 24 horas; pero durante este espacio de tiempo, no todos recorren caminos iguales ni se mueven con la misma velocidad. Ésta es en el ecuador de 465 metros por segundo ó 1.674 kilómetros por hora; hemos visto que en la latitud de París no pasa de 1.098 kilómetros por hora, que desciende á 576 en la Groenlandia y que en el polo es nula.

Por consiguiente, el aire que nos parece en reposo en París se mueve en realidad de Oeste á Este con una velocidad de 1.100 kilómetros por hora. Supongamos que este aire sea transportado al 56.° paralelo sin que haya cambiado nada en su velocidad; continuará corriendo igualmente; pero como cada punto de dicho paralelo recorre 924 tan sólo, resultará que el aire habrá gana-

do en la superficie del suelo y en dirección al Este 168 metros por hora, lo cual constituye un verdadero huracán. Lo contrario sucedería si pasara repentinamente al 49.° paralelo una masa de aire que estuviera en reposo relativo en el 56.°: nos parecería que este aire correría de Este á Oeste con una velocidad de 168 kilómetros.

En realidad, estos pasos de masas de aire de un paralelo á otro se verifican siempre de una manera gradual, y mientras duran no faltan resistencias de dis-

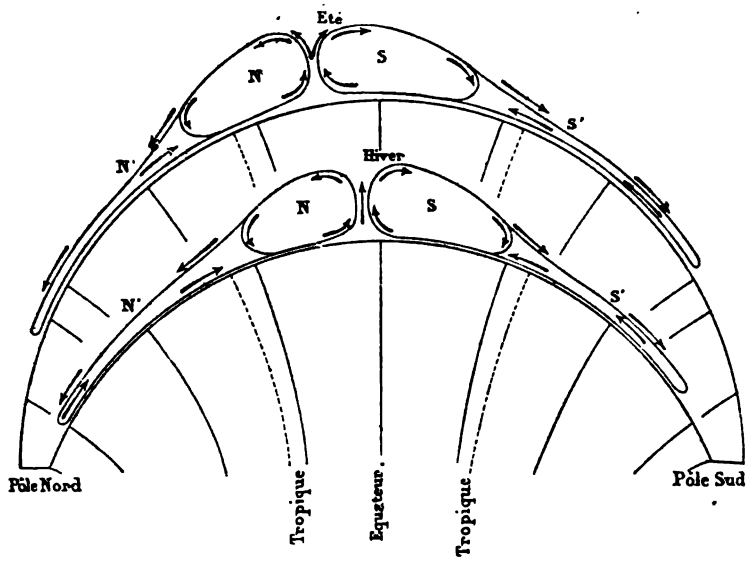


Fig. 24. – Sección de la atmósfera, demostrativa de su circulación general

tinta naturaleza que tienden á igualar las velocidades. Las diferencias debilitadas no persisten menos, y como la magnitud de los paralelos disminuye á medida que están más próximos á los polos, los efectos citados anteriormente son tanto menos marcados cuanto más elevadas son las latitudes en que se producen. Hay muchas tempestades que no tienen otro origen.

He aquí, pues, la influencia de la rotación terrestre en la dirección de los vientos alisios.

Consideremos primeramente el alisio del circuito Norte. Hemos supuesto que iba de Norte á Sur hacia el ecuador. Mientras verifica este movimiento, pasa gradualmente por los paralelos, cuyos diámetros, y por consiguiente sus velocidades, van aumentando. Si no cambia su velocidad absoluta, parecerá que se dirige hacia el Oeste, y su camino aparente será de Norte á Sudeste, la cual es efectivamente, á corta diferencia, la dirección de los alisios del hemisferio Norte. Una cosa semejante sucederá con el alisio del hemisferio Sur, que parecerá asimismo retroceder hacia el Oeste; pero como este alisio se dirige de Sur

á Norte acercándose al ecuador, su dirección aparente será de Sudeste á Noroeste, que es también la dirección general de los alisios del hemisferio Sur.

Cuando la capa ascendente, llegada á cierta altura, se divide en otras dos horizontales para formar los contra-alisios superiores, éstos conservan primeramente su tendencia hacia el Oeste, á pesar de continuar encaminándose al Norte; pero poco á poco atraviesan paralelos cuya velocidad va disminuyendo por grados. No tardan en avanzar hacia el Este por encima de dichos paralelos, inclinándose su dirección aparente hacia el Nordeste. Al llegar á cierta distancia en la proximidad de los trópicos, empiezan á declinar hacia el suelo, y allí se reproduce el fenómeno observado en la capa ascendente; los contra-alisios penetran con su velocidad adquirida y su tendencia hacia el Este; la inclinación de su velocidad en el sentido de la vertical hace que esta misma velocidad sea menos aparente, y volvemos á encontrar en aquellas latitudes dos nuevas regiones llamadas de las *calmas tropicales*. Así, pues, yendo del ecuador al polo Norte, tenemos: 1.°, la región de las calmas ecuatoriales; 2.°, los alisios del Nordeste; 3.°, las calmas tropicales; 4.°, vientos variables entre Sudoeste y Noroeste. En el hemisferio Sur se encuentra una serie semejante.

Las estaciones influyen en cierto modo en esta circulación general de la Atmósfera.

Al fin de nuestro verano, las regiones inmediatas al polo Norte han tenido por espacio de muchos meses días sin noches, habiéndose suavizado considerablemente la temperatura y enrarecido el aire. A los días sin noches suceden en breve noches sin días, acompañadas de rigurosísimos fríos; contráese el aire, atrayendo al aire para llenar el vacío formado por el frío. A cada uno de estos cambios ocurrido en nuestro hemisferio corresponde otro en el opuesto; por consiguiente, cada año tiene lugar una traslación alternativamente de la Atmósfera desde el hemisferio Sur al Norte y recíprocamente.

El paso del aire al Polo Norte durante el invierno se verifica por medio de las corrientes ecuatoriales, que adquieren entonces una extraordinaria amplitud, aumentándose las perturbaciones en la misma relación; esta es la estación de las tempestades.

Por espacio de muchos siglos han sido los vientos alisios un enigma para los meteorologistas y los navegantes. Halley y Hadley fueron los primeros en proponer la explicación que acabamos de dar, y que han modificado algún tanto las observaciones contemporáneas desde el siglo penúltimo.

Las estaciones y los continentes influyen en el curso y dirección de los alisios del Atlántico. En febrero y marzo, el hemisferio Sur se halla en la estación de verano; la temperatura llega á su máximo ó poco menos. En agosto y septiembre, el Norte de Africa se encuentra á su vez en el fin de su verano; allí es donde la fuerza de aspiración alcanza su grado máximo.

Entre los alisios se advierte la zona de las calmas ecuatoriales, que ocupan posiciones muy diferentes á fines del invierno y del verano, porque siguen, aun-

que de lejos, la marcha del Sol entre los trópicos. Las calmas no traspasan jamás el ecuador en la superficie del Atlántico. En febrero y marzo, meses en que se aproximan más, el alisio del NE. se detiene hacia el 4.° grado de latitud N. por término medio; en agosto y septiembre, meses en que más se separan, el mismo alisio se detiene en el 11.° grado.

A medida que un buque se acerca al ecuador en el Océano Atlántico, la tripulación siente cierta ansiedad, porque sabe que en un momento dado el viento favorable que le ha impulsado hasta entonces se irá debilitando progresivamente, para disiparse al fin del todo. El mar se extiende en torno suyo, semejante á un espejo interminable, y la embarcación, que rivalizaba con las aves en su rápida carrera, queda clavada, por decirlo así, en el límpido cristal. Los rayos solares caen verticalmente en el reducido espacio donde están encerrados los navegantes. El Sol, que cae á plomo dos veces al año en aquellas regiones, no se aleja nunca lo bastante para que puedan enfriarse. La Atmósfera caldeada es allí tan ligera que se halla dotada de un movimiento ascendente continuo. Al propio tiempo se evapora del Océano Atlántico y del Pacífico una cantidad inconmensurable de agua, que se difunde por el aire abrasado y se eleva con él; pero á medida que el aire va subiendo hacia las altas regiones, se enfría más y más, á veces bruscamente, de suerte que una gran parte del agua que había arrebatado se transforma en gotas. Estos repentinos cambios producen tempestades pasajeras, muy frecuentes en las regiones equinocciales.

Acabamos de ver que á medida que la corriente superior se aproxima á las zonas templadas sobre las cuales cae luego enfriándolas, encuentra capas de aire animadas de una velocidad menor en el sentido del movimiento diurno. Resulta de aquí que el retorno de los vientos alisios ocasiona en las zonas templadas un viento que sopla del Sudoeste en el hemisferio boreal y del Noroeste en el austral. En Francia, por ejemplo, el viento sopla más á menudo del Sudoeste que de cualquier otra dirección. En la época de las discusiones que se suscitaron acerca del movimiento real de la Tierra, los partidarios de Copérnico presentaban los vientos alisios como una prueba del movimiento de rotación diurna, de Occidente á Oriente. Para ellos dichos vientos no eran más que una simple ilusión, y aseguraban que lo que sucedía era que el observador, arrastrado por el movimiento de nuestro globo, se separaba del aire atmosférico, el cual parecía producir, á consecuencia de este movimiento, un viento que soplaba en sentido contrario, ó sea de Oriente á Occidente. Pero acabamos de ver que lo que en realidad produce los vientos alisios es, por una parte, la combinación de las diferentes velocidades de las capas de aire desalojadas á consecuencia de las divergencias de temperatura de distintos puntos del globo, y por otra, las capas atmosféricas arrastradas en el movimiento diurno. Por lo demás, la teoría del movimiento de la Tierra no tiene necesidad de esta pretendida prueba meteorológica.

Se ha comprobado directamente la existencia de la contracorriente superior.

El capitán Basil Hall observó que las nubes muy elevadas marchan constantemente, en la región de los vientos alisios, en una dirección opuesta á la del viento inferior. El mismo viajero advirtió, en el pico de Tenerife en el mes de agosto de 1820, un viento del Sudoeste, es decir, un viento diametralmente opuesto al alisio que soplaba en la superficie de la Tierra. Esto es lo que demuestra la figura 25. El 22 de junio de 1799, cuando Humboldt subió á la misma montaña, reinaba en la cima un viento Oeste muy violento.

He aquí otra prueba de la misma contracorriente de los vientos alisios, deducida de la caída en la isla de la Barbada de la ceniza y polvo lanzados por el volcán de la isla de San Vicente:

En la noche del 30 de abril de 1812, se oyeron algunos momentos en la isla de la Barbada detonaciones semejantes á las descargas de muchas piezas de artillería de grueso calibre, á consecuencia de lo cual la guarnición del castillo de Santa Ana estuvo toda la noche sobre las armas. Al día siguiente, 1.° de mayo, por la mañana, el horizonte del mar estaba claro por el Oriente; pero divisábase inmediatamente sobre él una nube negra que cubría ya el resto del cielo y que al poco rato se extendió por la parte en donde empezaba á despuntar la luz del crepúsculo. La obscuridad se hizo tan densa que en las habitaciones era imposible distinguir el sitio que ocupaban las ventanas, y que muchas personas no pudieron distinguir al aire libre ni los árboles junto á los cuales estaban, ni los contornos de las casas vecinas, ni siquiera los pañuelos blancos colocados á 15 centímetros de sus ojos. Este fenómeno lo ocasionaba la caída de una gran cantidad de polvo volcánico procedente de la erupción de un volcán de la isla de San Vicente. Aquella lluvia de nueva especie, y la obscuridad que era su consecuencia, no cesaron enteramente hasta cerca de la una de la tarde. Las ramas flexibles de los árboles se encorvaban bajo su peso; el ruido que producían otras al romperse contrastaba de un modo extraño con la calma perfecta de la atmósfera; las cañas de azúcar quedaron tumbadas, y por último, toda la isla se cubrió de una capa de cenizas verdosas que tenía 3 centímetros de espesor.

San Vicente está á 80 kilómetros de la Barbada, siendo su volcán el que había lanzado aquella inmensa cantidad de polvo hasta la altura en que reinaba la corriente superior, bastante poderosa sin duda para efectuar semejante transporte.

El 20 de enero de 1835, se extendió á todo el istmo de la América central la terrible sacudida del terremoto que acompañó á la erupción del volcán de Coseguina, en el lago de Nicaragua. Las detonaciones se oyeron desde la Jamaica, situada á 200 leguas Noroeste de Nicaragua, y hasta desde Bogotá, que dista más de 350 leguas. Unión, puerto de mar de la costa Oeste de la bahía de Conchagua, quedó sumido en una completa obscuridad por espacio de 43 horas. Cayeron cenizas en Kingston y en otros puntos de la Jamaica, y por ellas comprendieron sus habitantes que las detonaciones oídas no eran cañonazos.

Para que unas eminencias tan insignificantes como el Garou y el Coseguina pudieran lanzar tan gran cantidad de cenizas hasta la región del alisio de retorno,

era preciso que las erupciones tuviesen un grado de violencia extraordinario.

El primero que afirmó la existencia del alisio superior como consecuencia del ordinario fué Halley. Sin tener aún pruebas directas del hecho que anunciaba de antemano, deducía su certidumbre de la rotación casi instantánea del viento en direcciones opuestas, cuando se atraviesan los límites polares de los alisios. Para Halley, lo mismo que para los meteorologistas de la actualidad, la corriente ecuatorial del Sudoeste que reina en las latitudes medias de nuestro hemisferio es la continuación de una fracción de nuestro alisio superior de retorno.

La rama superior del circuito intertropical se halla en su origen ecuatorial á un nivel tan elevado, que no se ha podido comprobar con toda certeza su existencia al subir á los picos más altos de las cordilleras en las inmediaciones de la región de las calmas. Pero como dicha rama desciende progresivamente hacia la superficie del globo conforme va avanzando hacia los trópicos, recorre en su

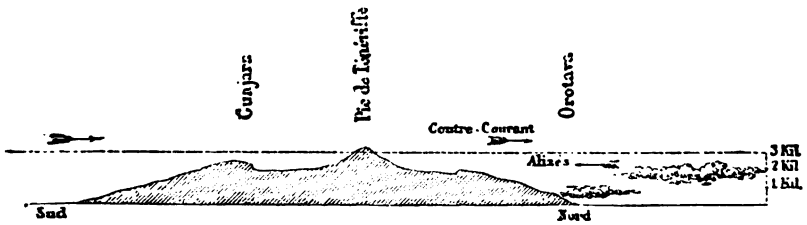


Fig. 25. – La contracorriente alisia superior en la cima del Tenerife

camino regiones cada vez menos cálidas, y aparecen algunas nubes en el aire que empuja ante sí, las cuales vienen á ser testigos que demuestran su dirección.

Desde el primer viaje de Colón se reconoció la existencia de los alisios. Los vientos regulares que impelían á aquel marino audaz por la ruta por la que se proponía llegar á la India, infundieron espanto á sus compañeros, haciéndoles temer la imposibilidad de regresar á Europa. Si después de haber descubierto aquel intrépido navegante el Nuevo Mundo que encontró en lugar de la India á la que creía llegar, no hubiera procurado evitar los vientos alisios, dirigiéndose al Norte antes de virar al Oeste, no cabe duda que jamás habría vuelto á España. Con sus carabelas mal provistas, y de una construcción defectuosa que les daban una mala marcha, habría perecido con todas sus tripulaciones por falta de víveres en la inmensa región del alisio.

De la lucha de ambas corrientes, del sitio donde la superior desciende y llega á la superficie y de su compenetración dependen las variaciones más importantes de la presión atmósférica, los cambios de temperatura en las capas de aire, la precipitación de los vapores acuosos condensados, y hasta la formación y las variadas figuras que afectan las nubes, según lo ha demostrado Dove. La forma de las nubes que da á los paisajes tanto movimiento y atractivo nos anuncia lo que ocurre en las altas regiones de la Atmósfera; cuando el aire está en calma, trazan aquéllas en el cielo, durante un día caluroso de estío, «la ima-

gen proyectada» del terreno cuyo calórico irradia en abundancia hacia el espacio.

En el grande Océano y en el Atlántico, los alisios se extienden casi hasta los trópicos; pero en el mar de las Indias, la presencia de las tierras no permite que predominen constantemente los vientos regulares ó alisios; al paso que en el hemisferio Sur, y á cierta distancia de las tierras, reina casi siempre el alisio SE.; en el hemisferio Norte del Océano Índico reina desde abril hasta octubre un viento SO., dirigido hacia la península del Indostán, el Norte de la India y la China, y desde octubre hasta abril, otro contrario que sopla de NE. á SO. Estos vientos son los *monzones* del Océano Índico, palabra derivada del malayo

Fig. 26. – Cenizas del Morne-Garou, transportadas por el alisio superior

musin, que significa estación. Así, pues, durante el verano de nuestro hemisferio, cuando el Sol tiene sus declinaciones boreales, domina en absoluto el *monzón* SO.; mientras que en nuestro invierno, y cuando el Sol declina hacia el Sur, sopla con preferencia el monzón NE. Estos vientos penetran en el interior de los continentes, donde sufren la influencia de la forma de las tierras. Las cadenas de montañas tienden por lo general á hacer que se deslicen las masas gaseosas paralelamente á su dirección.

Acabamos de indicar brevemente la dirección de estos vientos. Ya allá en las épocas más remotas favorecían las comunicaciones entre la India y el Egipto, tan frecuentes á la sazón; pero estas relaciones cesaron con la decadencia de este último país, y se perdió la tradición de dichos vientos; pues si se hubieran conocido, Nearco no habría hecho una navegación tan larga y penosa desde las bocas del Indo hasta el fondo del golfo Pérsico.

Encuéntranse en muchos parajes vientos periódicos que alternan con las estaciones, y en los que influye más ó menos la configuración de las costas; en el Brasil, por ejemplo, hay un monzón NE. de primavera y otro SO. de

otoño. El Mediterráneo tiene también sus monzones, ya conocidos de los antiguos, que aplicándoles el nombre de *vientos etesios (Etós*, año, estación), indicaban con él su dependencia respecto de las estaciones. El inmenso desierto de Sahara se extiende al Sur de la cuenca del Mediterráneo, y aquel desierto, privado de agua y compuesto únicamente de arena ó de redondos guijarros, se calienta extraordinariamente bajo la influencia de un sol casi vertical, mientras el Mediterráneo conserva su temperatura ordinaria. Así es que, durante el verano, el aire se eleva por encima del desierto de Sahara con una gran rapidez, dirigiéndose especialmente hacia el Norte, mientras que en la parte inferior reinan vientos del Norte que se extienden hasta Grecia é Italia. En la parte septentrional de Africa, como en el Cairo y en Alejandría, solamente soplan los vientos del Norte: todos los marinos saben que en verano el viaje de ida de Europa á Africa se verifica más pronto que el de vuelta, y por consiguiente, si se compara el término medio de las travesías de ida y vuelta entre Tolón y Argel, se ve que la segunda es una cuarta parte más larga, tratándose de un buque de vela, y una décima parte, si se trata de un vapor, efecto que no puede atribuirse á las corrientes marítimas, que son muy débiles. Además, toda la vertiente Norte de las islas de Mallorca y Menorca, y en especial de esta última, sufre los embates de este mismo viento, que no deja medrar la vegetación. Estos vientos predominan también en Argel, Tolón y Marsella. Por el contrario, en invierno, en cuya época la irradiación de la arena es muy fuerte, el aire del desierto es más frío que el del mar, y en Egipto hace un viento Sur muy frío, aunque infinitamente menos fuerte que los vientos del Norte en verano. (Kaemtz y Martíns.)

A los vientos periódicos regulares que acabamos de estudiar, á los alisios y monzones podemos añadir las *brisas* que produce en las costas la desigualdad de calórico de la tierra y del agua. Ya las hemos indicado al principio de este capítulo, diciendo que se debían al calor solar, por la misma causa que los alisios.

Se han observado también cambios de aire periódicos diurnos en los países montañosos; consisten en una brisa que se desliza á lo largo de la montaña durante la noche, y en otra brisa ascendente por el día. Estos cambios de aire son muy variados en razón de la configuración y orientación de las montañas.

Entre todas las causas que se asignan á los vientos, una de las más poderosas es, sin duda alguna, la pronta condensación de los vapores en el seno de la Atmósfera. Algunas veces caen en una hora veintisiete milímetros de agua en una vasta extensión de territorio, particularmente en las regiones ecuatoriales. Pues bien; supongamos que dicha extensión tiene tan sólo diez leguas de lado, ó una superficie de cien leguas cuadradas. Si el vapor necesario para producir 27 milímetros de agua en cien leguas cuadradas existiese en el aire en estado elástico y solamente á 10° de temperatura, ocuparía un espacio cien mil veces más grande que en estado líquido, es decir, un espacio de cien leguas cuadradas sobre 2.700.000 milímetros, ó sean 2.700 metros de altura. Tales serían, por consiguiente, las dimensiones del vacío que resultaría de esta condensación.

Verdad es que el vapor no se halla en el estado elástico, sino en el vesicular; pero, solamente por la razón de quedar suspendido en la Atmósfera, tiene menor densidad que en estado líquido, produciendo además su condensación en gotas de lluvia un vacío inmenso que no puede llenarse sin ocasionar una gran sacudida atmosférica.

La circulación constante que existe en la Atmósfera hace imposible que quede enteramente consumida en un punto cualquiera una de las substancias necesarias para la vida de los organismos, como el oxígeno, los vapores acuosos, etc., etc.; ó que se acumule en cantidad peligrosa una substancia deletérea, como el ácido carbónico: la existencia de la naturaleza animada está enlazada íntimamente con esta circulación.

A primera vista, parece que estos simples rasgos no tienen nada de común con el carácter, tan caprichoso en apariencia, del tiempo, ni bosquejan este tipo de la versatilidad y de la inconstancia tal cual es. Pero el tiempo no es menos variable que dichos rasgos, sobre todo en nuestros climas, conforme vamos á verlo. Podemos dividir la superficie del globo en dos mitades desiguales: la región del tiempo constante y la del tiempo variable. Tan lejos como llega la influencia de los vientos alisios, se puede predecir la disposición del aire para muchos de los años futuros. En la zona media (comprendida entre el 2° y el 4° latitud N. y S.) reinan todo el año sin interrupción fuertes calores, y calmas que alternan con los chubascos y las tempestades nocturnas. Después de esta zona viene otra (4° á 10° lat.) en la que no se presenta semejante estado de cosas sino en verano ó en invierno, y donde el viento alisio mantiene el cielo despejado. Sigue una tercera zona (10° á 28° lat.), donde, así en verano como en invierno, los vientos alisios no permiten la menor humedad, y pasan años tras años sin que la más pequeña gota de lluvia pasajera refresque el sediento suelo.

Finalmente, una última zona (de 20° á 30° lat.) forma el límite del viento constante, y allí los vientos alisios proporcionan un verano sin lluvia y un invierno benigno y lluvioso, aun cuando la lluvia no es continua. La indicación aproximada de las latitudes se refiere al hemisferio boreal y al Océano Atlántico, único punto donde se han podido reunir observaciones seguras.

Llegamos en seguida á una zona donde las luchas entre la corriente polar y la ecuatorial ocasionan un clima variable, que nos parece caprichoso y accidental porque las circunstancias de que depende el predominio de una ú otra corriente en una localidad determinada, se complican hasta el punto de que, á pesar de muchas observaciones, aún no se ha podido deducir una ley capaz de regular dichas modificaciones.

Estos vientos variables de nuestros climas, que estudiaremos en un próximo capítulo, están enlazados principalmente á los transportes de las depresiones atmosféricas que nos vienen del Atlántico, siguiendo en general la dirección Sudeste á Nordeste.

Debemos hacer una curiosa observación, y es que esa zona variable, que podría considerarse como la más desfavorable para el desarrollo del género humano, abraza casi por completo la región media del Asia, toda la Europa, la América septentrional y la costa Norte de Africa, ó lo que es lo mismo, todo el teatro de la historia de la humanidad y de su desarrollo intelectual. Tal vez exista una conexión secreta entre este fenómeno y el desarrollo especial del mundo vegetal de aquella región.

Hemos visto que el calor y su desigual distribución en todas direcciones es el fenómeno fundamental alrededor del cual se agrupan los demás, en una gran dependencia. La humedad del aire tiene una correlación íntima con este fenómeno, y dicha humedad, unida al calor, constituye la razón de ser de la vida vegetal. La distribución de las plantas en la superficie del globo depende en gran parte de ambas condiciones. El mundo animal sigue á las plantas porque á la existencia de los herbívoros va directamente unida la de los carnívoros. El primer principio supremo, el que no tan sólo lo vivifica todo, sino que también lo excita y lo regula, es el Sol; sus abrasadores rayos son los buriles de que se sirve para trazar la luz y las sombras, el amarillo ardiente de la estéril arena y el fresco verde de las praderas, con cuya ayuda designa la geografía de las plantas y de los animales y traza el boceto de una carta etnográfica para el género humano.

El emperador Aureliano decía que «de todos los dioses que Roma había tomado de las naciones vencidas, ninguno le parecía más digno de adoración que el Sol;» y nosotros decimos que de todas las fórmulas de adoración del paganismo, la del Parsi es la más sublime, cuando va á esperar todas las mañanas á orillas del mar la reaparición del astro del día, y cuando, al ver los primeros rayos vacilantes sobre las ondas del húmedo elemento, se prosterna con el rostro en tierra, y adora, mientras reza, el regreso del principio vivificante que todo lo anima. (Schleiden.)

En resumen, el calentamiento que dilata y rarifica, el enfriamento que contrae, la evaporación y la condensación del vapor de agua turban el equilibrio de la atmósfera y dan origen á las diferencias de presión. En la superficie del suelo, el aire corre de las altas presiones hacia las débiles, y la variación perpetua del tiempo en nuestros climas no es más que el resultado de buscar un equilibrio que nunca se consigue. La dirección del viento en una región cualquiera está determinada por la posición de este punto relativamente á los centros de alta ó baja presión. Esto es lo que analizaremos en los siguientes capítulos. Mas por de pronto, echemos una ojeada sobre las corrientes marinas.

CAPÍTULO II

LAS CORRIENTES DEL MAR

METEOROLOGÍA DEL OCÉANO. — DERROTEROS MARÍTIMOS. — EL GULF-STREAM

Acabamos de ver que la distribución del calor solar en la superficie del globo origina una circulación general y regular en la Atmósfera. En el capítulo próximo demostraremos que los vientos irregulares y variables de muchos climas se deben también á dicho calor y están sometidos á leyes de periodicidad que estudia la ciencia. Pero antes de dejar á un lado las grandes corrientes de la Atmósfera, conviene que tengamos una ligera idea de las grandes corrientes del mar, debidas asimismo á la acción del propio calor que lo dirige todo en la Tierra.

Ni el mar, ni sus aguas, ni la Atmósfera que en ellas reposa están inmóviles. Dos veces al día tiene lugar una gran oscilación general de su superficie, ocasionada por la influencia atractiva de la Luna y del Sol: tales son las mareas, que con su flujo y reflujo cubren y descubren alternativamente las playas del Océano y dan á las costas esa movilidad siempre variable que nos atrae á ellas sin cesar. Como este movimiento de las aguas depende de una causa astronómica, no tenemos para qué ocuparnos de él en esta obra. Pero el mar tiene además otra circulación meteorológica, más compleja y más definida, que podría compararse con la circulación de la sangre en los seres vivientes: atraviésanle corrientes, que, dirigidas del ecuador á los polos y viceversa, y poniendo en comunicación á los más remotos mares, distribuyen el calor entre las regiones frías, conducen el agua fría hacia las regiones tórridas, extienden por igual la salura y la composición química del Océano y forman en cierto modo el circuito vital del globo, como la savia que sube y baja por las plantas, como la sangre que se regenera en el corazón después de haber ido á ofrecer su tributo á las partes lejanas del organismo.

Estas corrientes del mar merecen que las consagremos aquí una atención especial; pero nuestro estudio comprenderá al mismo tiempo las corrientes de la Atmósfera que las acompañan y completan, constituyendo la meteorología del Océano. Unas y otras han sido objeto de minuciosas observaciones por parte de la marina, sobre todo de unos treinta años á esta parte.

La industria de los transportes marítimos se distingue á primera vista de la

de los transportes terrestres por la ausencia de caminos. En efecto, mucho tiempo ha transcurrido sin que los navegantes modernos sospecharan que en la superficie del Océano existían muchos caminos abiertos por la naturaleza. La constancia de los monzones y el regreso periódico de esas brisas marinas á lo largo de la costa del mar Rojo y al mar de las Indias, son fenómenos que los antiguos conocieron y utilizaron. Cuando el astrónomo Hípalo descubrió el hecho físico de la inversión del monzón de estío, los marinos árabes la venían aprovechando hacía muchos años, en especial para conservar el monopolio del comercio de las especias y de los perfumes de Ceilán, que vendían como especias y perfumes de la Arabia. El descubrimiento de Hípalo produjo una verdadera revolución en los transportes marítimos de los europeos que vivían á principios de nuestra era. Una mejora análoga, aunque en mucha mayor escala, es la realizada en nuestros días merced á los trabajos del comandante Maury, director del Observatorio nacional de Wáshington. A causa de su inmenso intercurso y de la posición geográfica de su país, que limitan los dos mayores océanos, los americanos esban más interesados que cualquier otro pueblo en descubrir las rutas marítimas más cortas. Para ello, era preciso comparar entre sí millares de rutas seguidas por millones de navegantes. Este inmenso trabajo ha permitido hacer para el globo entero lo que Hípalo había hecho con respecto á la corta distancia que separa á Egipto de la Taprobana.

El descubrimiento de Maury hizo ganar más de cien millones por año á los marinos de diferentes pueblos, á partir del año 1853. Pero la navegación al vapor no tardó en substituir á los barcos de vela.

Analicemos y apreciemos estas corrientes tan importantes, fijándonos, por ejemplo, en el circuito que forman las aguas en el océano Atlántico del Norte, que es el que mejor conocemos, y que surcan constantemente los buques que van de la Europa á la América del Norte y á la del Centro, y que vuelven de ellas.

En las regiones ecuatoriales, las aguas del Océano marchan hacia el Oeste, obedeciendo á un movimiento incesante que las impele en el Atlántico en dirección de la América tropical. Esta gran corriente de 30 grados de anchura, 20 de los cuales están al Norte y los otros 10 al Sur, va á morir en las costas del Nuevo Mundo. En virtud de la configuración de la América, cuya punta más oriental está muy por debajo del ecuador, la mayor parte de dicha corriente se encamina al golfo de Méjico, cuyas sinuosidades sigue para salir de nuevo por la punta de la Florida y costear los Estados Unidos de Sur á Norte.

Aquel golfo, situado en la zona tórrida, está rodeado por todas partes de altas montañas que reconcentran en él los rayos del Sol como en el fondo de un inmenso embudo y acumulan los fuegos de un clima abrasador. La corriente ecuatorial se escapa de este foco, precipitándose luego por el estrecho de la Florida, produciendo una oleada impetuosa de 300 metros de profundidad y 14 leguas de anchura, y corriendo con una velocidad de 8 kilómetros por hora. Sus aguas,

cálidas y saladas, son de un azul añil, y difieren de sus verdes orillas formadas por la onda del mar. Esta masa formidable ocasiona á su paso una agitación profunda, y prosigue su curso sin mezclarse con el Océano. Las aguas del *Gulf-Stream*, comprimidas entre dos murallas líquidas, forman una bóveda movible que se desliza sobre el imperio de los mares, rechazando á lo lejos cuantos objetos van á parar á ellas. Forman un vasto río en medio del Océano. «En las más grandes sequías no llegan á agotarse, ni en las más grandes crecidas á desbordarse. Sus orillas y su lecho son capas de agua fría. En ninguna parte del mundo existe una corriente tan majestuosa; es más rápida que el Amazonas, más impetuosa que el Mississipí, y la masa de ambos ríos no llega á representar la milésima parte del volumen de agua que desaloja.» (Maury.)

El marino puede seguir esta gran vena líquida con el auxilio del termómetro; este instrumento, sumergido sucesivamente en sus orillas y en su seno, marca temperaturas que difieren 15 grados.

El Gulf-Stream, rápido y poderoso, se dirige hacia el Norte, siguiendo las costas de los Estados Unidos hasta el banco de Terranova. Allí soporta el choque terrible de una corriente polar que arrastra icebergs enormes, verdaderas montañas de hielo tan pujantes, que una de ellas, de más de 20.000 millones de toneladas de peso, se llevó el buque del teniente de Haven á trescientas leguas hacia el Sur. Las aguas templadas del Gulf-Stream disuelven los hielos flotantes; fúndense los icebergs, y las tierras, las arenas, los fragmentos de rocas que transportaban van á parar á las profundidades del mar.

Llegado á las inmediaciones de Europa, envía una parte considerable de sus aguas al mar Glacial, siguiendo las costas de Irlanda, Escocia y Noruega; la parte restante vuelve hacia el Sur á la altura de las playas occidentales de España para reunirse luego con la gran corriente tropical á la altura de la parte media de Africa. Una vez reunidas las aguas del Gulf-Stream con dicha corriente, cuyo manantial son, por decirlo así, marchan de nuevo al Oeste para llegar otra vez á las costas de Méjico y á las de los Estados Unidos, y para atravesar nuevamente el espacio que separa á los Estados Unidos de Europa, formando un circuito continuo desde el Africa hasta Méjico que va á cerrarse en el punto de partida por el camino que acabamos de indicar. Las botellas flotantes que los marinos arrojan al mar con la indicación del paraje, día y fecha en que se han confiado al Océano, han demostrado que la corriente describe en tres años y medio este trayecto, que tiene de 20 á 30.000 kilómetros. Los vientos siguen poco más ó menos la misma marcha que las aguas, es decir, que entre los trópicos soplan los vientos de Este, alisios que llevan la atmósfera de Africa á América, del mismo modo que la corriente tropical lleva las aguas. Así como entre los Estados Unidos y la Europa la corriente lleva el mar hacia el Este, así también las contracorrientes de los alisios soplan en dirección de Europa; resultando de aquí que la travesía de los Estados Unidos á Francia é Inglaterra es mucho más rápida que la de Europa á aquella República, porque en este último

caso se tienen el viento y la corriente contrarios, mientras que en el primero favorecen el trayecto del nuevo mundo al antiguo. Sábese que cuando Cristóbal Colón puso por obra la atrevida empresa de dirigirse hacia el Oeste, bajó hasta la altura del Africa en busca de los vientos del Este, que en su concepto debían llevarle á la China. Apenas se concibe, dice M. Babinet, cómo en aquella época en que los conocimientos geográficos estaban bastante adelantados para conocer aproximadamente las dimensiones del globo y la distancia itineraria de la India y de la China, haya habido un hombre tan confiado en lo imposible, que esperase llegar á las costas orientales de la China tras una navegación igual á tres ó cuatro veces la distancia del antiguo al nuevo mundo. Si la América no hubiera existido, habría perecido cien veces antes de llegar á China.

Antes de pasar á los demás circuitos análogos al del Atlántico septentrional, detengámonos en las circunstancias que le caracterizan.

Las aguas tropicales, en su trayecto de las costas de Africa á las de América, viajan bajo los ardores de un sol cenital, y se calientan continuamente hasta su entrada en el golfo de Méjico; en seguida se escapan por el estrecho de Bahama, donde forman una rápida corriente de agua tibia, que se remonta al Este de los Estados Unidos, hacia el banco de Terranova. Una vez allí, la corriente vuelve al Este para regresar á Europa; pero conserva todavía el exceso de calor que debe á su origen tropical, constituyendo uno de los grandes medios de que la naturaleza se sirve para templar nuestro globo, en el hecho de conducir á las regiones más septentrionales, por el intermedio de las aguas, el calor que el Sol derrama entre los trópicos. A medida que dicha corriente avanza, pierde su calor, distribuyéndolo en la atmósfera y en los mares que atraviesa; luego, dejando á su izquierda la España y la parte Norte de Africa, vuelve á ocupar su puesto en la corriente tropical para absorber nuevamente un calor que llevará otra vez á las latitudes de Europa.

El calor del mar se comunica al continente por el intermedio de los vientos. Pronto demostraremos que á la altura de Europa los vientos dominantes del globo son los de Oeste con inclinación al Sudoeste. Vese desde luego que estas corrientes de aire, cuya base es otra de agua caliente, recibirán la temperatura de ésta y soplarán en Europa, con una temperatura más elevada que si el mar, privado de la corriente cálida que hemos descrito, continuase en el grado de calor que corresponde á su latitud. Para convencerse de este aserto, basta comparar el clima y la temperatura de las ciudades americanas que se hallan á la misma latitud que las de Francia.

Ninguna de las masas de agua que viajan por el mar merece ser tan conocida como el Gulf-Stream; ninguna tiene más importancia para el comercio de las naciones ni ejerce una influencia más considerable en los climas; las islas Británicas, la Francia y los países inmediatos deben en gran parte al Gulf Stream su benigna temperatura, su riqueza agrícola, y por consiguiente, una parte muy considerable de su poderío material y moral. Su historia se confunde casi con

la del Atlántico boreal entero; tan capital es el influjo hidrológico y climatológico de esa corriente de los mares.

En virtud del movimiento de rotación del globo, y probablemente también en virtud de la dirección general de las costas, la corriente sigue una marcha constante hacia el Nordeste, y no tropieza con ninguna de las puntas avanzadas del continente. Al llegar á las aguas de Nueva York y del cabo Cod, va torciendo más y más hacia el Este, y cesando de costear á larga distancia el litoral americano, se lanza en pleno Atlántico con dirección á las playas de la Europa occidental. Conforme dice Maury, si hubiese monstruosas piezas de artillería que tuvieran la potencia suficiente para lanzar proyectiles desde el estrecho de Bahama hasta el polo boreal, las balas describirían casi exactamente la curva del Gulf-Stream, y desviándose gradualmente de su camino, llegarían á Europa, procedentes del Oeste.

Entre los 43 y 47 grados de latitud septentrional, y en los parajes del banco de Terranova, el Gulf-Stream, procedente del Sudoeste, encuentra en la superficie de los mares la corriente polar. La línea de demarcación de los dos ríos oceánicos nunca es absolutamente constante, y cambia según las estaciones. En invierno, es decir, de septiembre á marzo, la corriente fría rechaza al Gulf-Stream hacia el Sur; porque, durante esta estación, todo el sistema circulatorio del Atlántico, los vientos, las lluvias y las corrientes, se aproxima al hemisferio meridional, sobre el cual viaja el Sol. En verano, es decir, de marzo á septiembre, el Gulf-Stream recobra á su vez la preponderancia y aleja cada vez más hacia el Norte el punto de su encuentro con la corriente polar.

Las aguas de la corriente ártica, después de su choque con las del Gulf-Stream, cesan de correr por la superficie, y descienden á las profundidades á causa del mayor peso que les comunica su baja temperatura. Se puede reconocer la dirección de esta contra corriente, exactamente opuesta á la del Gulf-Stream, por las montañas de hielo que el tibio aliento de las latitudes templadas no ha fundido todavía, y que viajan hacia el Sudeste, saliendo al encuentro de la corriente superficial que hienden como proas de buques. Más al Sur, solamente se conoce por medio de los instrumentos de sonda la existencia de esa corriente oculta, cuyas heladas aguas sirven de lecho al río caliente salido del golfo de Méjico; luego desciende más y más hasta el estrecho de las islas de Bahama, donde el termómetro la descubre á unos 400 metros de profundidad. (Reclus.)

Formando juego, por decirlo así, con el Gulf-Stream, existe en el Océano Pacífico la corriente cálida que sigue las costas del Japón y de la China, y que los geógrafos japoneses mencionan hace mucho tiempo en sus cartas con el nombre de *Kuro-Siwo*, ó río Negro, sin duda á causa del color obscuro de sus aguas. Las corrientes son mucho menos conocidas en los mares del Sur, si bien es verdad que no alcanzan tanto desarrollo. Por otra parte, es muy probable que los ríos marinos no sean corrientes aisladas, sino que constituyan las

diversas partes de una misma red, las distintas venas de un sistema único de circulación.

Los pequeños circuitos que describen en el Sur las aguas del ecuador están muy lejos de igualar en eficacia á las dos inmensas corrientes del Norte del Atlántico y del Pacífico; así es que la porción Norte de nuestro globo disfruta de climas mucho más favorables que el hemisferio Sur, y limitándonos á un ejemplo, diremos que los hielos polares apenas bajan en el Norte hasta los

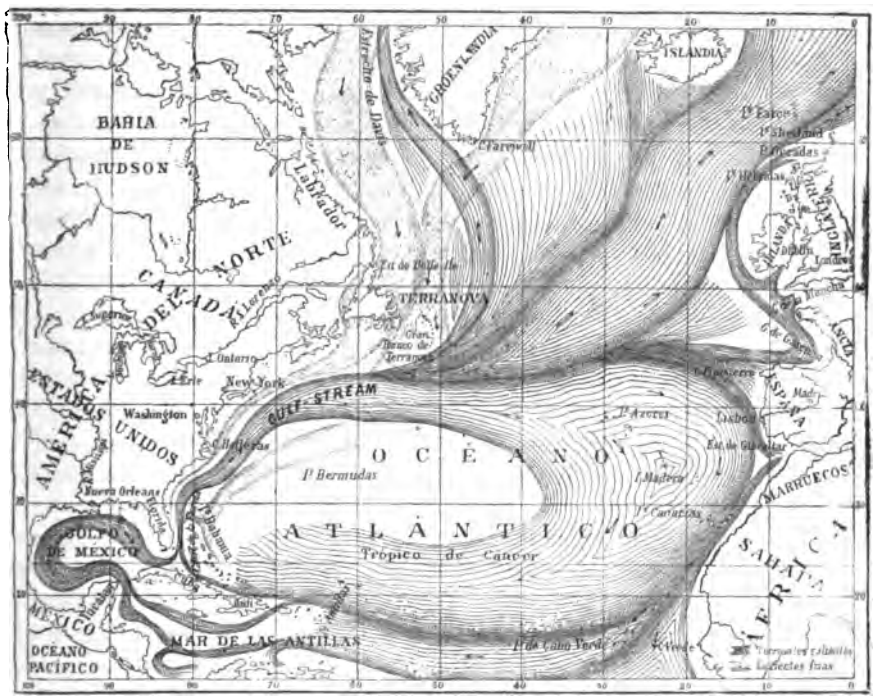


Fig. 27. – El Gulf-Stream y las corrientes polares del Atlántico boreal

10° del polo, al paso que en el Sur llegan por término medio hasta los 22 y medio.

La cantidad de calor que la corriente del golfo lleva hacia las regiones septentrionales representa una parte muy notable del calórico almacenado en las aguas bajo el clima tórrido. Si el calor total de la corriente se aglomerara en un solo punto, bastaría para fundir montañas de hierro y hacer correr un río de metal tan caudaloso como el Mississipí, así como también para que pasara de una temperatura de invierno á otra de verano constante la columna de aire que descansa sobre la Francia y las islas Británicas.

A pesar de la marcha del Sol, hace tanto calor por término medio en Irlan-

da, bajo el 52.° grado de latitud, como en los Estados Unidos bajo el 38.°, 1.650 kilómetros más en dirección del ecuador.

La corriente del golfo, que lleva el calor tropical á las regiones templadas de Europa, suele servir á menudo de itinerario á los huracanes; de aquí proceden los nombres de Weatherbreeder (padre de las tempestades) y Storm-King (rey de las tormentas) que se han dado al Gulf-Stream. Los movimientos del océano atmosférico y los del océano acuático se efectúan con un paralelismo tan completo, que cualquiera creería ver un solo y mismo fenómeno en el conjunto de las corrientes aéreas y marítimas. Así es que el Gulf-Stream parece ser para los vientos, como realmente es para las aguas, el gran intermediario entre ambos mundos. Lleva á los mares del Norte de Europa las materias salinas del golfo de las Antillas; arrastra consigo el calor tropical para que lo aprovechen las regiones templadas, y marca la ruta que siguen los torrentes de electricidad desprendidos de los huracanes de las Antillas. La corriente del golfo es la imagen fiel de esa gran serpiente de los poetas escandinavos que despliega su inmenso anillo á través del Océano, cuya boca sopla una dulce brisa ó vomita el rayo y las tempestades, cuando balancea su cabeza de una á otra costa.

Así como en el Atlántico del Norte la corriente ecuatorial que se engolfa en el seno mejicano vuelve sobre sí misma pasando por latitudes elevadas, otra porción mucho más pequeña de esta misma corriente, después de haber tropezado con el cabo San Roque, que forma la punta oriental de la América del Sur, desciende á lo largo de la costa E. del mismo continente, y atravesando en seguida el Atlántico de Este á Oeste, regresa al Africa inferior para remontar á lo largo de las costas occidentales de esta parte del mundo y reunirse por el Sur con la gran corriente tropical, como el Gulf-Stream se reune con ella por el Norte. Aparte de la diferente cantidad de su caudal, esta corriente es enteramente igual al circuito que ocupa el Norte de aquel Océano. La porción que se escapa fuera de los trópicos y que vuelve del Oeste al Este, ó sea desde el Sur de América al Sur de Africa, es también cálida, como lo es el Gulf-Stream entre los Estados Unidos y Europa. La comparación de las masas de agua que cada uno de estos circuitos arrastra de por sí demuestra cuán favorecido está el Norte en la proporción de las aguas cálidas que recibe. Puede asegurarse que el circuito del Norte forma una corriente cinco ó seis veces más abundante que el circuito del Mediodía.

Si dirigimos ahora una mirada al Océano Pacífico, veremos asimismo cómo van á estrellarse las aguas tropicales contra la Nueva Holanda, el Archipiélago de la Sonda y la parte inferior del Asia. La mayor parte de estas aguas suben al Norte, formando una vasta corriente de agua tibia que proporciona á la alta California y al Oregón un clima casi comparable al de nuestra Europa.

El Atlántico y el Pacífico, ambos por su parte Norte y Sur, y el mar de las Indias tienen cada cual una corriente, siendo la principal la del primero de estos mares. El Océano Glacial del Norte y el del Sur están al parecer atravesados

por una corriente que se dirige, según se cree, hacia el Este en torno del polo. (Babinet.)

Las corrientes submarinas completan la circulación del mar. Una de dichas corrientes debe llevar las aguas del Mediterráneo al Océano, deduciéndose en cierto modo su existencia de un cálculo en virtud del cual resulta que la cantidad de agua salada suministrada por la corriente superior del estrecho de Gibraltar es de 12 miriámetros cúbicos por año, la de agua dulce llevada por los ríos de 1, y la que se pierde por evaporación de 2; de suerte que habría un exceso anual de 11 miriámetros cúbicos por año, si no se restableciera el equilibrio por medio de un flujo submarino. Un hecho de los más curiosos parece haber confirmado esta hipótesis.

Hacia fines del siglo XVII, un bergantín holandés, al que daba caza entre Tánger y Tarifa el corsario francés el *Fénix*, se fué á pique de una sola andanada disparada por este último; mas en vez de hundirse en el mismo sitio, el bergantín flotó entre dos aguas, gracias á su cargamento de aceite y de alcohol; derivó hacia el Oeste y acabó por varar á los dos ó tres días en las inmediaciones de Tánger, á más de 12 millas del punto donde había desaparecido debajo de las olas. Atravesó, pues, esta distancia por la acción de una corriente inferior, en una dirección opuesta á la de la corriente que reina en la superficie. Este hecho histórico, unido á algunos experimentos recientes, viene en apoyo de la opinión que admite la existencia de una corriente de salida en el estrecho de Gibraltar. El comandante Maury tiene por cierto que haya una contracorriente submarina al Sur del cabo de Hornos, la cual debe llevar al Océano Pacífico el agua excedente del Atlántico. En efecto, este mar está alimentado incesantemente por grandes ríos, al paso que el Pacífico, que no recibe en su seno ningún río importante, debe sufrir una enorme pérdida á consecuencia de la gran evaporación que tiene lugar en su superficie.

Se ha averiguado la existencia de ciertas corrientes inferiores lastrando un pedazo de madera para que se fuese á fondo, pero reteniéndole por medio de un sedal á fin de dejarle bajar á muchos centenares de brazas, á voluntad del experimentador. En el extremo opuesto del sedal se ata un barril vacío, bastante fuerte para sostener el artificio, y luego se deja ir todo desde á bordo. Los marinos que observaron por vez primera este hecho se admiraron sobre manera al ver que el pequeño barril marchaba contra viento y marea, á razón de un nudo y á veces más. Los tripulantes lanzaban gritos de sorpresa contemplando cómo huía aquel aparato, como si un monstruo marino se hubiera apoderado de él, y aun hubo algunos que no pudieron dominar cierto terror. La rapidez del barril era evidentemente igual á la diferencia de velocidad de las corrientes superior é inferior.

En 1773, el buque del capitán Deslandes echaba el ancla en las aguas del golfo de Guinea; una fuerte corriente que penetraba en dicha bahía le impedía ir más al Sur. Deslandes observó entonces que existía una contracorriente in-

ferior á 15 brazas (24 metros de profundidad), y la utilizó de una manera ingeniosa. Hizo bajar hasta la profundidad de la corriente submarina una máquina que presentaba mucha superficie, la cual fué arrastrada por aquélla con la fuerza suficiente para remolcar el buque con una velocidad de más de 2 kilómetros por hora.

En el mar de las Antillas puede á veces amarrarse un buque, valiéndose del mismo aparato, en medio de una corriente.

Hace mucho tiempo que se descubrió en el Sund una doble corriente superior é inferior.

La temperatura media de la superficie del mar difiere muy poco de la del aire, mientras no se presenten corrientes cálidas que hagan sentir en ella su influencia perturbadora. En los diferentes puntos de los trópicos parece que la superficie del agua es un poco más cálida que el aire ambiente.

Examinando las temperaturas á la superficie y á diversas profundidades, resultan las consecuencias siguientes:

1.° Entre los trópicos, la temperatura *disminuye* con la profundidad.

2.° En los mares polares, la temperatura *aumenta* con la profundidad.

3.° En los mares templados comprendidos entre 30° y 70° de latitud, la temperatura decrece tanto menos cuanto mayor es la latitud, y cerca del 70° paralelo empieza á aumentar.

Por consiguiente, existe una zona en donde la temperatura es casi constante, desde su superficie hasta una gran profundidad.

No puede casi ponerse en duda que haya corrientes, determinadas por la diferencia de las presiones que soportan las capas del mismo nivel en el ecuador y hacia los polos, que contribuyan poderosamente á producir esta distribución del calor. Parece positivo que existe, en general, una corriente superficial que lleva á los mares polares el agua caliente de los trópicos, y otra inferior que conduce de los polos al ecuador el agua fría de las regiones polares; pero la dirección é intensidad de ambas corrientes se halla modificada por una multitud de causas que dependen de la profundidad del lecho de los mares, de su configuración, de la influencia del viento y de las mareas.

Las últimas campañas relativas á la exploración científica del mar (*Lightning, Porcupine, Challenger, Travailleur*) han dado los siguientes resultados para las temperaturas de la superficie del Océano Atlántico:

De 11 á 14 grados entre 60 y 40 grados de latitud y 4 y 14 grados de longitud Oeste;

De 17 á 20 grados entre 30 y 23 grados de latitud y 10 á 35 grados de longitud Oeste;

De 21 á 26 grados entre 23 grados y el ecuador, y más allá hasta 20 grados de latitud Sur.

Se ha encontrado, por término medio, 1, 2 y 3 grados á 2.000 y 3.000 brazas de profundidad. Se ha encontrado el agua bajo cero (á —1°,1, —1°,2 y —1°,3) á 500 brazas al 60.° grado de latitud.

En fin, el grado de salobridad de las aguas del Océano difiere según los puntos del globo, y desempeña sin la menor duda un importante papel en la densidad y, por consiguiente, en la formación misma de las corrientes marítimas.

Parece, según datos de los últimos años de la pesca de la sardina, que la corriente se aparta actualmente de nuestras costas: la pesca disminuye de año en año.

El príncipe Alberto de Mónaco ha emprendido desde 1885 laboriosas investigaciones acerca las corrientes de la superficie del Océano, las cuales completarán bien pronto nuestros conocimientos sobre este punto tan importante.

CAPITULO III

LOS VIENTOS VARIABLES

EL VIENTO EN NUESTROS CLIMAS.—DIRECCIONES MEDIAS EN EUROPA Y EN FRANCIA.—FRECUENCIA RELATIVA DE LOS DIFERENTES VIENTOS.—ROSA DE LOS VIENTOS SEGÚN LOS LUGARES Y LAS ESTACIONES.—VARIACIÓN MENSUAL Y DIURNA DE LA INTENSIDAD.—VIENTOS PARTICULARES Y LOCALES.

Después de haber estudiado las corrientes *regulares* y periódicas de la Atmósfera y de los mares, pasemos á considerar los vientos *irregulares* que soplan en nuestros climas. La irregularidad de éstos es tan sólo aparente, porque la casualidad no existe en la naturaleza, y cada molécula de aire no muda de sitio sino obedeciendo fatalmente á leyes tan absolutas como las que rigen los mundos en los espacios. Vamos á ver de hacer alguna luz en medio del caos de vientos que se suceden en nuestros países, y separar las fuerzas que se hallan en acción en esta variedad.

Fuera de los límites variables en que soplan los alisios y los periódicos de ambos hemisferios, las zonas templadas son el asiento de los vientos irregulares. La Europa, por ejemplo, se halla enteramente sometida á este régimen; las masas de aire se deslizan tan pronto en un sentido como en otro; á veces reina un solo viento por espacio de semanas enteras, y otras, por el contrario, suceden en algunas horas dos ó tres diferentes; á veces también el aire está tranquilo, y ni la más ligera brisa agita el follaje del movible álamo. Así es que el instrumento que indica la dirección del viento en nuestros climas, la veleta, representa hace mucho tiempo el símbolo ligero y femenil de la inconstancia.

Sin embargo, esta inconstancia misma tiene una causa, con frecuencia más aparente que real. Los vientos de nuestros climas, que nos parecen tan caprichosos y variables, nos permitirán descubrir las reglas á que están sujetos.

En el capítulo primero hemos visto que el *alisio superior*, que va del ecuador al polo, modifica su dirección primitiva de Sur á Norte por lo que toca á nuestro hemisferio, y tuerce poco á poco al Sudoeste á medida que avanza por latitudes más elevadas, perdiendo al propio tiempo algo de su velocidad y su calor y descendiendo lentamente. Hacia el 30.° grado rasa ya la superficie del suelo, y en las latitudes de Francia se encuentra totalmente en la superficie. Este viento del *Sudoeste* es el que domina, en efecto, en toda Europa. Así, pues, entre la gran

variedad de vientos, tenemos ya uno regular, puesto que no es otro sino el alisio superior descendido hasta nuestras comarcas, y que figura en primer término en la meteorología de los climas europeos.

En el mismo capítulo hemos visto que la gran corriente oceánica, el Gulf-Stream, llega á las costas de Europa en la misma dirección *Sudoeste*. El aire circula en el mismo sentido y sirve de complemento al alisio superior, ó mejor dicho, sigue siendo la misma corriente ecuatorial, aérea y marítima, desviada en dirección SO. por la rotación de la Tierra.

Para conocer exactamente la dirección del viento, se aprecia la proporción del tiempo que ha estado soplando cada uno de ellos, admitiendo un total arbitrario al cual se relaciona todo. Por ejemplo, supongamos que el viento del Sudoeste ha soplado en Europa 90 días durante un año; se consignará que ha reinado por sí solo durante la cuarta parte del tiempo. Si este tiempo se marca con el número arbitrario 1.000, se anotará 250 por cuenta del Sudoeste.

Consígnanse del mismo modo todas las direcciones indicadas por la veleta en partes proporcionales de un mismo total, y de esta suerte se tiene un cuadro comparativo que puede dar el resultado medio de un gran número de años.

Así es como se ha procedido por lo que respecta á la Europa entera hace ya muchos años. El siguiente cuadro, donde están resumidas las observaciones hechas, nos ofrece el resultado general de todas ellas, demostrando claramente el predominio del viento SO. en el conjunto del continente europeo, y aun en la América del Norte.

FRECUENCIA RELATIVA DE LOS VIENTOS

	N.	NE.	E	SE.	S.	SO.	O.	NO.	Dirección del viento medio	Fuerza del viento medio
Francia.	126	140	84	76	117	192	155	110	S. 88° O.	133
Inglaterra . . .	82	111	99	81	111	225	171	120	S. 66° O.	198
Alemania. . .	84	98	119	87	97	185	198	131	S. 76° O.	177
Dinamarca. . .	65	98	100	129	92	198	161	156	S. 62° O.	170
Suecia.	102	104	80	110	128	210	159	106	S. 50° O.	200
Rusia..	99	191	84	130	98	143	166	192	N. 87° O.	167
América del Norte.	96	116	49	108	123	197	101	210	S. 86° O.	182

Se ve que el viento dominante es el Sudoeste. Sumando horizontalmente las cifras inscritas se forma el número 1.000, y por consiguiente, el viento Sur reina en Francia las 192 milésimas partes del tiempo, ó los 19 céntimos, ó sea la quinta parte próximamente. La proporción es mayor en Inglaterra. Sumando el Oeste y el Sur, se halla que este cuadrante de la rosa de los vientos representa por sí solo casi la mitad de los reinantes: 46 céntimos para Francia, y más de la mitad para Inglaterra, es decir, 51 céntimos. Las minuciosas observaciones hechas en Bruselas desde 1830, y las cifras obtenidas en diferentes puntos de Bélgica, ofrecen un predominio análogo en este reino. El viento reinante es asimismo S. 45° O. La Rusia ofrece alguna variedad, debida á su alejamiento del Océano.

Así, pues, en Francia nos hallamos bajo la influencia benigna de la corriente ecuatorial. Pero si el alisio de retorno llega hasta nosotros y se extiende hasta el polo, la corriente polar inferior, que trae consigo el aire frío del Norte, y forma bajo los trópicos el alisio del Nordeste, debe hacerse sentir también en nuestras comarcas. Preciso es que pase por alguna parte para ir desde el polo al ecuador, y si el aire que va de éste á aquél no regresara, no habría atmósfera entre los trópicos. Ahora bien: examinemos un momento todavía el anterior cuadro de la frecuencia relativa de los vientos. El máximo figura en el Sudoeste; desde allí van decreciendo las cifras, y luego suben de nuevo, ofreciéndonos un segundo máximo en el viento *Nordeste*. Esta es nuestra corriente polar. El viento Nordeste ocupa los 14 céntimos entre los vientos reinantes en Francia, y los 19 céntimos en Rusia.

Existen, pues, en nuestro hemisferio dos *direcciones generales* de vientos, predominando tan pronto la corriente ecuatorial como la polar. La primera es cálida y húmeda; la segunda, fría y seca. Cada una de ellas ejerce una influencia contraria en los productos de la tierra, y el resultado de las cosechas depende en gran parte de la época y de la duración de su reinado.

Los vientos del SO. O. y S. por una parte, y los del NE. y N. por otra, constituyen los vientos *primitivos* generales á que están sometidas nuestras regiones. Todas las demás direcciones del viento proceden de estas dos corrientes por las siguientes causas:

Si las dos corrientes soplan una junto á otra ocupando cada cual cierta extensión, como marchan en dirección opuesta, habrá sin duda en el límite que las separa torbellinos ó remolinos engendrados por los dos ríos de aire, los cuales girarán de NE. á SO. en la tangente de la corriente polar, y de SO. á NE. en la de la ecuatorial. Basta fijarse un momento en esta circunstancia para ver en ella un movimiento de rotación horizontal como el de la muela de un molino. Cada punto de la circunferencia de esta muela de aire tendrá su dirección particular, puesto que suponemos que dicha masa gira en su totalidad. Será una zona de vientos variables que puede por lo demás cambiar de sitio bajo la influencia de las dos grandes corrientes que la han producido, las cuales cambian á su vez de posición, de anchura y de intensidad.

He aquí una primera causa de cambios de vientos, que es constante, por decirlo así, puesto que las dos corrientes soplan sin cesar, y que debe multiplicarse en vastas extensiones. Además de ésta hay una segunda no menos importante.

Existe constantemente una diferencia de temperatura entre las diversas regiones de un mismo territorio. Aquí la causan las aguas; allí las tierras; más allá los desiertos; en otro lado las selvas; en un sitio las llanuras bajas y húmedas, y en otro las mesetas frías. Estas diferencias de temperatura modifican nuestras dos corrientes á su paso. Un cielo cubierto favorece la marcha de ésta, y detiene la de aquélla; así es que nacen vientos parciales como ramas laterales de estos dos árboles tendidos.

A las causas anteriores se agrega otra tercera: las protuberancias del relieve continental. Las corrientes generales que pasan por encima de una cadena de montañas no soplan en ella con la misma regularidad que en la llanura. En efecto, ha de haber tanta mayor desigualdad en las bocanadas de los vientos sucesivos cuanto menos unida esté la superficie sobre la que se deslizan. La misma capa aérea que se mueve por encima de los mares con la uniformidad de un río nmenso, pierde su movimiento regular tan luego como las desigualdades del terreno interrumpen su curso. Al pie de las grandes montañas de la Suiza, y especialmente en los alrededores de Ginebra donde el relieve terrestre es muy accidentado, ocurren en la fuerza del viento tales alternativas que el anemómetro indica á veces una variación de intensidad triple. En las altas gargantas de los Alpes sucede con frecuencia que, aun durante las más violentas tempestades, la Atmósfera presenta á intervalos una perfecta calma. Aun en los países que ofrecen menos eminencias y en las llanuras sembradas de casas y de bosquecillos, el viento no avanza soplando con tanta igualdad como el alisio de los mares, sino exhalando bocanadas y ráfagas sucesivas, cada una de las cuales representa una victoria de la corriente atmosférica sobre algún obstáculo de la llanura. Al nivel del suelo, el viento es siempre intermitente, mientras que en las alturas del aire marcha casi siempre con un movimiento igual y majestuoso como la corriente de un río.

En general, la velocidad del viento aumenta con la altura. Lo hemos notado más de una vez en nuestros viajes aéreos.

Así, pues, hay leyes que regulan estos detalles de variación lo mismo que el movimiento general de circulación. Veamos ahora si se ha observado alguna ley con respecto á la sucesión de los vientos.

Volvamos á la primera causa de variación que acabamos de indicar. Por lo común, todo nuestro hemisferio está dividido en vastas fajas oblicuas, compuestas de masas de aire que corren en sentido inverso, las unas procedentes del polo y las otras de las corrientes ecuatoriales. Estas fajas van mudando de sitio en la redondez del globo, y en un mismo espacio tan pronto domina el viento polar como el tropical; pero nunca deja de haber una compensación entre estas corrientes atmosféricas, y el viento neutralizado ó rechazado en una parte de la Atmósfera no tarda en hacerse sentir en otra. En tanto que se hallan en lucha las dos masas de aire animadas de movimientos contrarios, resulta de las vicisitudes del choque y de la preponderancia gradual de uno de ambos vientos la modificación temporal de la marcha de los aires y el sucesivo giro de la veleta hacia los distintos puntos del horizonte; la irregularidad aparente de todo el sistema atmosférico procede entonces del encuentro de dos vientos regulares.

Aun cuando no deje de trabarse la lucha tan pronto en un punto como en otro, los dos ríos aéreos no son, sin embargo, iguales en fuerza, y por consiguiente, uno de ambos acaba siempre por sobreponerse tras un período más ó menos largo de resistencia. El viento que aventaja en pujanza es la corriente superior

descendida de las alturas del espacio para llegar al nivel del suelo fuera de la zona de los alisios.

Las corrientes atmosféricas procedentes del ecuador se desvían naturalmente hacia el Este; de lo cual resulta que la mayor parte de los vientos soplan del Oeste en el hemisferio Norte.

Hace muchos siglos que los sabios averiguaron que en el hemisferio septentrional se suceden los vientos de un modo normal en la dirección del Sudoeste

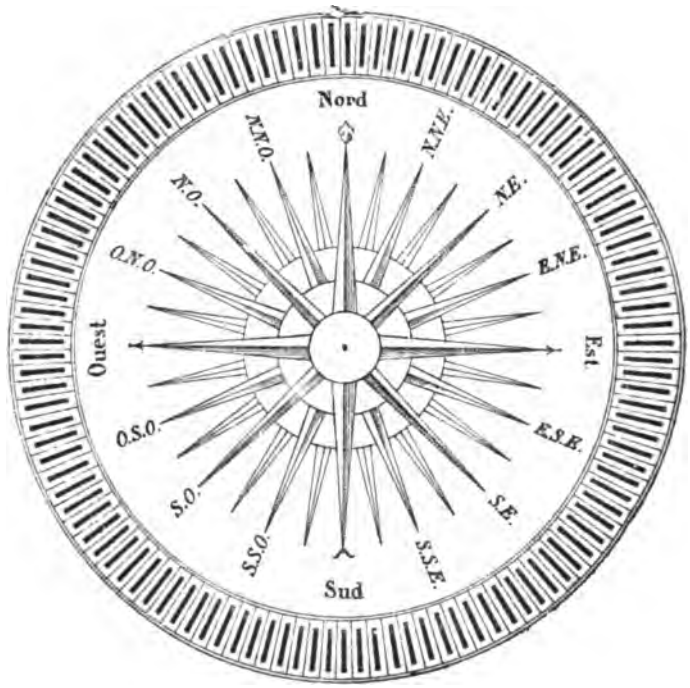


Fig. 28. – Rosa de los vientos

al Nordeste por el Oeste y el Norte, y en la del Nordeste al Sudoeste por el Este y el Sur; es un movimiento de rotación análogo al que parece describir el Sol en el cielo, cuando después de haber salido por Oriente se dirige al Occidente desplegando su vasta curva alrededor del cenit. Aristóteles había hecho esta observación hace más de dos mil años: «Cuando un viento cesa para dejar el puesto á otro viento de dirección inmediata, dice en su *Meteorología*, se verifica el cambio con arreglo á la marcha del Sol.» Desde la época del gran naturalista griego, muchos autores, que Dove ha tenido cuidado de enumerar, han confirmado la circunstancia de la rotación regular de los vientos, que por lo demás era muy bien conocida de los marinos desde tiempo inmemorial. Hoy es ya un hecho in-

contestable que en el hemisferio Norte se suceden muy frecuentemente los vientos en el orden regular siguiente:

SO., O., NO., N., NE., E, SE, S., SO.

En el hemisferio meridional dicha rotación se verifica en sentido inverso. Por consiguiente, dice E. Reclus, en cada uno de los hemisferios opuestos la sucesión de los vientos coincide con la marcha aparente del Sol, el cual describe su curso diario al Sur del cenit para los europeos, y al Norte para los australianos.

Tal es la marcha regular, designada por Dove con el nombre de ley de giro, pero generalmente conocida con el de este ilustre sabio.

La dirección del viento constituye su carácter más aparente y de más fácil observación. Para determinarla con precisión, en lugar de considerar solamente los cuatro puntos cardinales *Norte, Este, Sur, Oeste*, se divide el espacio situado entre cada uno de estos cuartos, lo cual da cuatro direcciones intermediarias, *Nordeste, Sudeste, Sudoeste* y *Noroeste*, y á estas ocho direcciones se añaden otras nuevas, dividiendo los intervalos, como se ve en la *Rosa de los vientos* (fig. 28).

Cuando una persona sabe orientarse y puede hallar á mano algunos objetos susceptibles de resentirse de los movimientos del aire, es fácil conocer la dirección del viento; mas por lo común se recurre á un instrumento, el más antiguo sin duda de cuantos sirven para las observaciones meteorológicas, la veleta. Este simple aparato consiste en una lámina de metal, que por lo general es de hojalata ó cinc, recortada de un modo más ó menos elegante, y movible sobre una espiga en la cual va fija una cruz horizontal, cuyos brazos llevan en sus extremos las letras N, S, O, E. La veleta se coloca en la parte más elevada de los edificios. En otro tiempo era el complemento obligado, no sólo de los palacios y de los castillos, sino también de las casas más modestas, cuyas fachadas puntiagudas parecían hechas expresamente para recibirlas.

«Siempre se ha hablado del tiempo, dice con este motivo A. Laugel, por más que no siempre se haya hablado de la meteorología; y aunque este nombre sea reciente, estoy tentado á creer que nuestros abuelos se cuidaban más que nosotros de lo que representa. ¿Se quiere una prueba de ello? Hoy día se construyen magníficas casas y quintas, en las que el arquitecto se ha olvidado de la veleta, que en otro tiempo adornaba siempre la techumbre de las casas, presentando las formas más originales y de mejor gusto. Hay algo de poético en ese emblema de la mudanza y de la inmovilidad reunidas en un solo objeto. ¿Por ventura no es la imagen de esta triste vida de esfuerzos, privaciones y luchas habidas en el reducido punto en que nacemos y en donde tenemos que morir? La veleta domina la casa; marca fielmente todas las incertidumbres, todas las tempestades del cielo; debajo de ella se agitan todas las pasiones humanas. Aun cuando esté ya algo gastada, sigue rechinando sobre esas vetustas viviendas desiertas á las que nada anima interiormente, formando sus bruscos movimientos un contraste sin-

gular con la calma y el silencio que la muerte y el olvido han dejado en pos de sí.»

Expuesta á la intemperie, se enmohece y deteriora, se vuelve perezosa y deja de obedecer á los impulsos del viento. Sucede también que su espiga se tuerce, y perdido entonces su equilibrio ordinario, la veleta cae siempre hacia el mismo lado. No son admisibles sus indicaciones si no se revisa de tiempo en tiempo y se la coloca á una altura que la ponga al abrigo de las desviaciones de viento causadas por los obstáculos inferiores. Puede muy bien suceder que la Atmósfera esté recorrida por muchas corrientes superpuestas y cruzadas, y en este caso, la corriente principal, la que gobierna el tiempo, si así puede decirse, se halla colocada generalmente á una gran altura, aun cuando dicha corriente no sea la más elevada de todas, lo cual se conoce por la marcha de las nubes. Allí se encuentra el mejor y más seguro indicio de la dirección del viento.

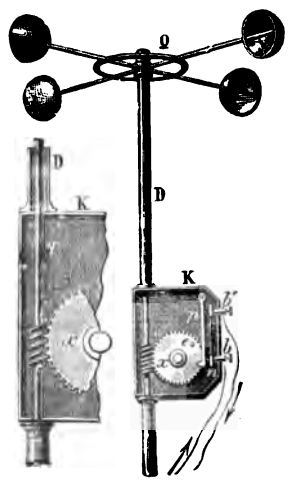


Fig. 29. – Anemómetro de Robinson

Como la masa ó la densidad del aire no varían sino en muy reducidos límites, la fuerza del viento depende casi enteramente de su velocidad, y crece como el cuadrado de ésta. Las frases «fuerza del viento» y «velocidad del viento» son, por lo tanto, casi idénticas. Para medir esta velocidad se emplean aparatos designados con el nombre de *anemómetros*. Uno de los más usados en los observatorios es el inventado por el doctor Robinson, del Observatorio de Armagh (Irlanda) (fig. 29). Este instrumento se compone de un eje vertical que sostiene cuatro radios horizontales de la misma longitud, cruzados en ángulo recto y en cuya extremidad van cuatro *hemisferios huecos*, soldados de tal suerte, que el círculo máximo en que cada cual termina está siempre en un plano vertical, y la parte cóncava de cualquiera de ellos mira á la convexa del siguiente.

Basta un instante de reflexión para comprender que el viento ha de encontrar siempre dos hemisferios cóncavos y otros dos convexos. Como tiene más acción sobre los primeros que sobre los segundos, imprime á todo el sistema un movimiento de rotación, siendo el número de las vueltas del molinete proporcional siempre á la velocidad del viento: el número tres representa con bastante exactitud la relación que existe entre uno y otro. Por consiguiente, midiendo la circunferencia del círculo que describe el centro de uno de los hemisferios y multiplicando esta longitud por tres, se tiene el camino recorrido por el viento en cada revolución del molinete. Pero el *anemómetro* no se para tan pronto como el viento cesa.

El número de vueltas es dado, ya por un contador con cuadrante, ya por un registrador eléctrico. En los dos casos el árbol que sostiene al molinete co-

munica su movimiento de rotación, por el intermediario de un tornillo sin fin, á una rueda dentada. Cada vuelta del molinete hace avanzar un diente de esta

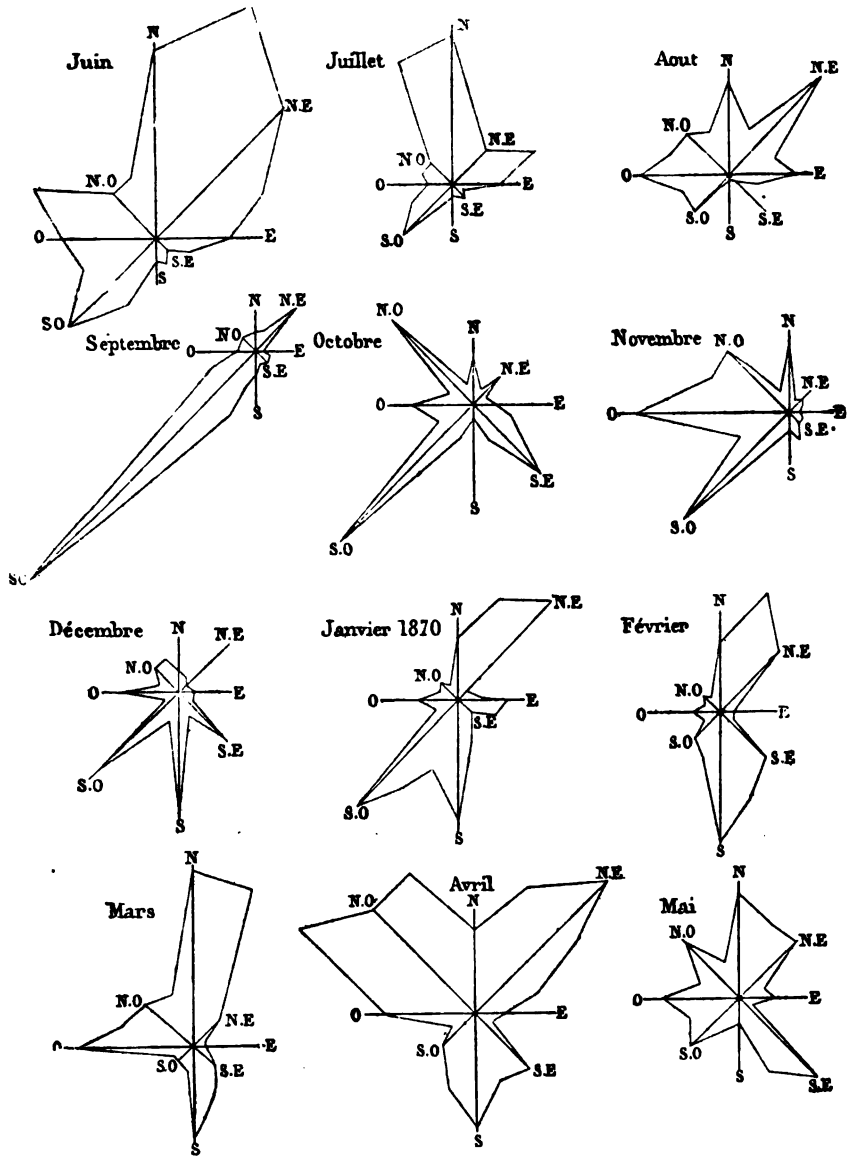


Fig. 30. – Régimen de los vientos durante un año en París

rueda; si tiene ésta 100 dientes, una revolución de la rueda corresponderá á 100 vueltas. En los contadores, la primera rueda encaja, por medio de un piñón, con

una segunda rueda cuya velocidad es diez veces menor; cada revolución corresponderá á 1.000 vueltas de molinete. Los índices de los cuadrantes, centrados sobre las ruedas, permitirán, pues, calcular cuántas vueltas ha hecho el molinete en un tiempo dado, y por consiguiente el número de kilómetros recorridos por el viento, ó, según el lenguaje meteorológico, los *kilómetros de viento* que han pasado por el anemómetro en 24 horas.

El Observatorio de París, fundado hace dos siglos por la Academia de Ciencias, Colbert y Luis XIV, ha inscrito desde el principio en su programa el estudio de los fenómenos atmosféricos como complemento indispensable del de los celestes. Hemos visto que el barómetro se inventó en 1642, y el termómetro hacia 1650. Cassini I, apenas entró en 1670 en el establecimiento, organizó la observación cotidiana de estos dos instrumentos principales, y después la del viento y la lluvia. Merced á esto, tenemos en París una serie respetable de cerca de dos siglos de observaciones meteorológicas, que se han ido haciendo cada vez más exactas con el transcurso de los años y con la discusión crítica, sin la cual no existe la ciencia.

Si consideramos las observaciones hechas en el pasado siglo, encontraremos para la serie ya examinada más arriba por la temperatura (1806-1870), las medias *anuales* siguientes de los ocho vientos principales de París:

RÉGIMEN ANUAL DE LOS VIENTOS EN PARÍS

(Proporción entre 10.000 vientos)

Nort	1039
Noroeste	1084
Oeste	1782
Sudoeste	1935
Sur	1476
Sudeste	799
Este	694
Nordeste	1191

Vese cómo el Sudoeste y el Oeste predominan sobre los otros.

Para apreciar mejor las direcciones de los vientos representadas por estos números, se expresan por medio de figuras geométricas. Partiendo de un punto central, se levantan rectas en la dirección de los puntos cardinales N., E., S. y O., y rombos intermedios NE., SE., SO. y NO.; después se señala en dichas rectas una longitud proporcional al número de veces que ha soplado el viento correspondiente; y se las termina en esta longitud, reuniendo todos los extremos por una curva continua.

Si el viento del Norte soplase, por ejemplo, todo el año, en detrimento de los demás, la figura sería toda altura, y se parecería á la letra A, dejando apenas sitio para los otros vientos, raros en nuestra hipótesis. Si, por el contrario, fuese el viento del Sur el que únicamente predominara, la figura se asemejaría á la letra V.

Si los vientos soplaran igualmente en todas direcciones, la figura afectaría la forma de un círculo. Fácilmente se comprende este modo de representación.

La primera de las curvas precedentes representa el estado general del viento en París, en vista de un promedio de sesenta años. Al primer golpe de vista se advierte cuánta amplitud tiene la figura 31 hacia el SO. y el S., amplitud co-

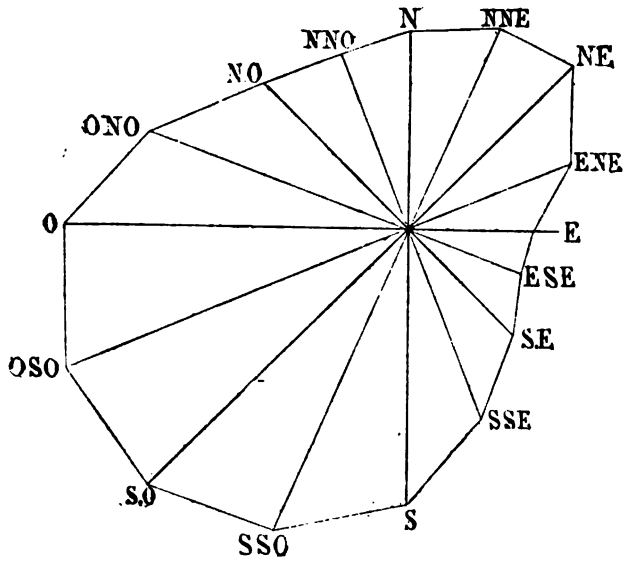


Fig. 31. – Rosa media anual de los vientos en París

rrespondiente á las cifras del primero de los tres cuadros que se incluyen.

Esta misma serie de sesenta años nos presenta las cantidades siguientes para dirección dominante de los vientos según las estaciones.

DISTRIBUCIÓN DE LOS VIENTOS EN PARÍS POR ESTACIONES

(Proporción entre 10.000 vientos por estación)

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SE.	E.	NE.
Invierno.	962	955	1599	1917	1725	1034	676	1132
Primavera	1343	1078	1542	1637	1312	729	792	1567
Verano.	1055	1327	2394	2103	1070	501	635	1015
Otoño.	791	971	1586	2083	1809	940	775	1045

Se ve que los vientos más frecuentes en invierno son los del SO. y S.; que en la primavera son los del SO. y los del NE. (corriente polar); en verano, los del O.; y en otoño, los del SO. y S.

Examinando cada mes separadamente, tenemos la siguiente distribución:

RÉGIMEN MENSUAL DE LOS VIENTOS EN PARÍS

(Proporción entre 10.000 vientos por mes)

	E.	NO.	O.	SO.	S.	SE.	E.	NE.
Enero.	115	95	155	176	158	110	68	123
Febrero	104	102	175	171	193	100	62	93
Marzo.	123	100	172	172	123	64	66	180
Abril.	153	118	141	136	141	71	86	154
Mayo.	127	105	149	182	131	84	86	136
Junio.	131	130	211	200	93	59	53	123
Julio	97	144	257	210	106	49	46	91
Agosto.	89	124	249	220	122	43	62	91
Septiembr	99	98	150	203	162	73	87	128
Octubre.	77	102	160	187	198	105	78	93
Noviembr	62	91	165	236	182	103	68	93
Diciembre	70	90	151	226	168	100	73	122

Tal es el resultado que han dado cerca de cien mil observaciones. El viento dominante en París es exactamente 0,35° S. Esta dirección es la más frecuente y la de término medio más pronunciado.

Si en lugar de reunir cada punto con su inmediato por medio de una *recta*,

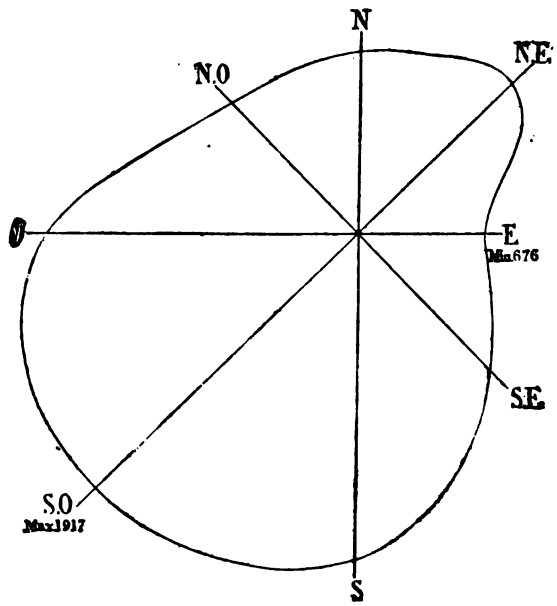


Fig. 32. - Rosa media anual de los vientos de invierno en París

suponemos, con Haeghens, que los vientos intermedios son proporcionales á los vientos observados, se trazará una *curva* que reuna sin formar ángulos todas las observaciones hechas. En la naturaleza no hay saltos bruscos. Teniendo en cuenta los puntos intermedios es como se han trazado las cuatro rosas (figs. 32 á 35)

correspondientes á cada estación, y construídas en vista de las cifras del pequeño cuadro de los vientos distribuídos por estaciones.

Tomando separadamente las cantidades del último cuadro (régimen mensual), y levantando alrededor de un centro longitudes en milímetros proporcionales á la frecuencia relativa de los diferentes vientos (1^{mm} por 10), he trazado las doce rosas de la figura 36, que representan exactamente el promedio de los vientos en cada mes del año, comprobado en el Observatorio de París.

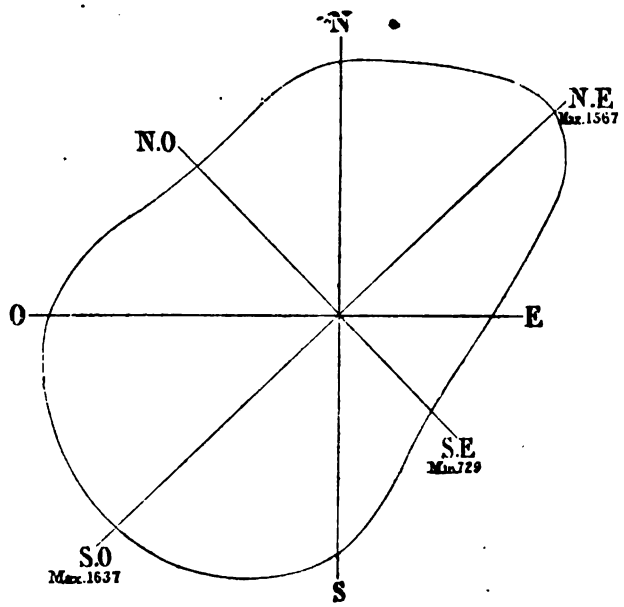


Fig. 33. – Rosa media anual de los vientos de primavera en París

El régimen de los vientos dista mucho de ser idéntico cada año; los meses se alejan más ó menos del término medio general, siendo tal separación el primer carácter distintivo de cada año, tanto desde el punto de vista de la temperatura como bajo el de las lluvias, es decir, para toda la climatología.

Tal es el régimen de los vientos en París. Ahora, si consideramos la Francia en su conjunto, advertimos que el SO. domina en el Norte, en el Noroeste y en el Oeste, región que puede llamarse atlántica, y que se inclina hacia la mediterránea; de suerte que en Marsella, por ejemplo, sopla constantemente del NO., y que en casi todo el Sur de Francia el viento N. es el dominante. El predominio de los vientos del NO. existe en toda esta zona alrededor de la Tierra.

La rosa mensual de los vientos en Marsella es muy curiosa, por cuanto está constantemente representada, por decirlo así, por una línea orientada del NO. al SE.; es el mistral (en patois provenzal *magistraou*, viento maestro), tan conocido en el litoral francés del Mediterráneo. En Tolón domina el O. de mayo

á septiembre, y el E. de octubre á enero. En Lisboa, el N. y el NNO. dominan todo el año, alternando con el SO. En Madrid, sometido á la influencia del relieve del terreno y de las eminencias de toda la España, el viento es muy variable; su veleta gira en todas direcciones (1).

En el archipiélago griego, los vientos del Norte soplan casi constantemente en verano, siendo allí conocidos desde hace mucho tiempo con el nombre de vientos *etesios*. Empiezan con el solsticio de verano y duran algunas veces hasta

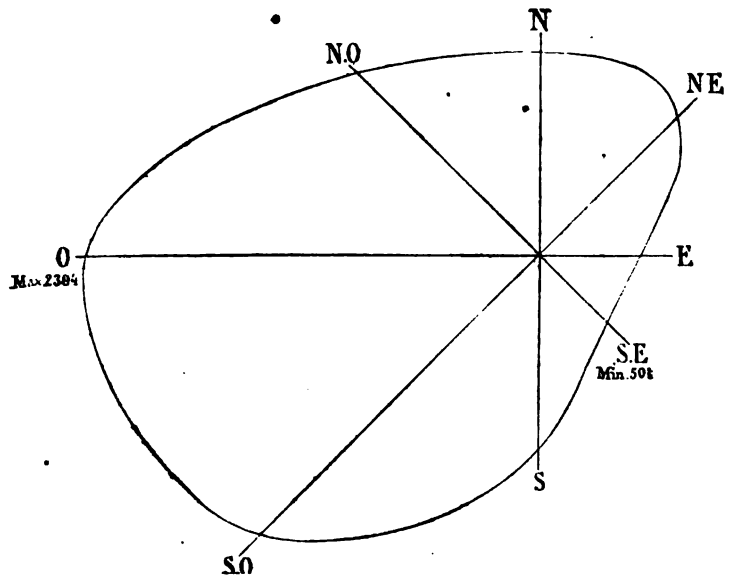


Fig. 34. – Rosa media anual de los vientos de verano en París

e fin del otoño. Vienen á interrumpirlos hacia la época de los solsticios, es decir, en las épocas de los días más largos y de los más cortos, los vientos del SE. y SO. que soplan con una gran fuerza; sin embargo, en invierno, los golpes de viento del N. son mucho más de temer, yendo á veces acompañados de nieve ó granizo. Los vientos etesios suelen adquirir en verano una violencia extraordinaria, y aun cuando son muy útiles para los navegantes, no dejan de ser alguna vez perniciosos y fríos y de cargar el horizonte de espesos vapores. También suelen perjudicar mucho á la vegetación, y apenas han soplado algunas horas cuando ya aparecen cubiertas de nieve las cumbres de las montañas de Albania y de Grecia.

A medida que nos remontamos al Nordeste, vemos que la tendencia á domi-

(1) No debemos dejar pasar sin rectificación este ligero aserto del autor, puesto que de las observaciones publicadas en los *Anuarios* del Observatorio de Madrid resulta que el viento NE es el dominante, tal vez con mayor constancia que el SO. y O. en París. – *(N. del T.)*

nar de los vientos del N. es más marcada; durante la mayor parte del año, dicho viento y el NE. reinan en Constantinopla.

Los griegos, mecidos en el Mediterráneo, habían estudiado y descrito las diversas direcciones del viento que henchía sus velas. En un principio no distinguían sino dos: el Norte, *Bóreas*, y el Sur, *Noto*. Como no tardase en ser insuficiente esta división, la completaron con el viento de Oeste, *Zephiros*, y con el de Este, *Euro*. En tiempo de Homero habían añadido ya los intermedios: el NE., ó Bóreas-Euro;

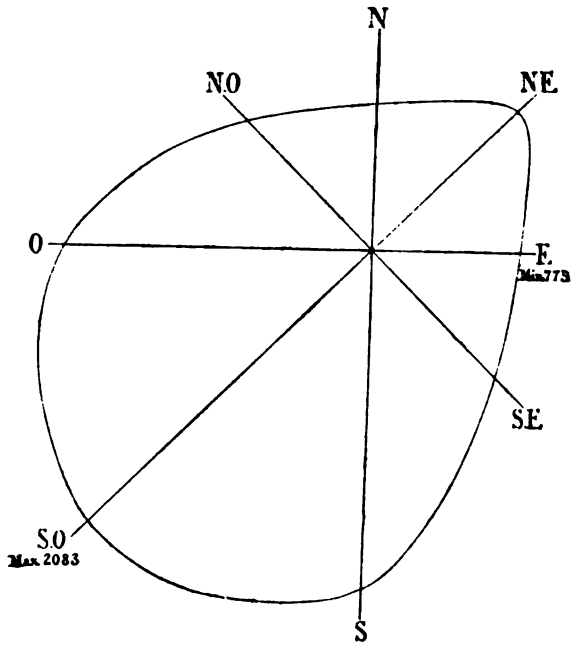


Fig. 35. – Rosa media anual de los vientos de otoño en París

el SE., ó Notos-Apheliotes; el SO., ó Argestes-Notos, y el NO., ó Zephiros-Bóreas. En los escritos de Homero se observa ya que el viento de Oeste, el Zephiros, está representado con sus verdaderos caracteres; no es el viento ligero y sin fuerza que juega y se solaza en la primavera con Flora en las composiciones galantes del siglo de Luis XV, sino el violento céfiro, el viento de hálito pernicioso y al que los demás no pueden oponer resistencia; es el céfiro de silbido agudo que empuja ante sí la tempestad y levanta las olas. Pues estos mismos caracteres son en la actualidad los de nuestro viento Oeste ó céfiro francés, el viento dominante en la Europa. Hace mucho tiempo que Augusto le elevó un templo en las cercanías de Narbona para inducirle á soplar menos fuerte en los oídos. En las costas de Bretaña, este viento impetuoso desmocha todos los árboles que no se hallan suficientemente resguardados. Todos los manzanos de Normandía tienen la copa inclinada del

lado opuesto al mar á causa de la violencia y persistencia de dicho viento. Otro tanto sucede en la costa de Ingouville al Norte del Havre, y si se observa con

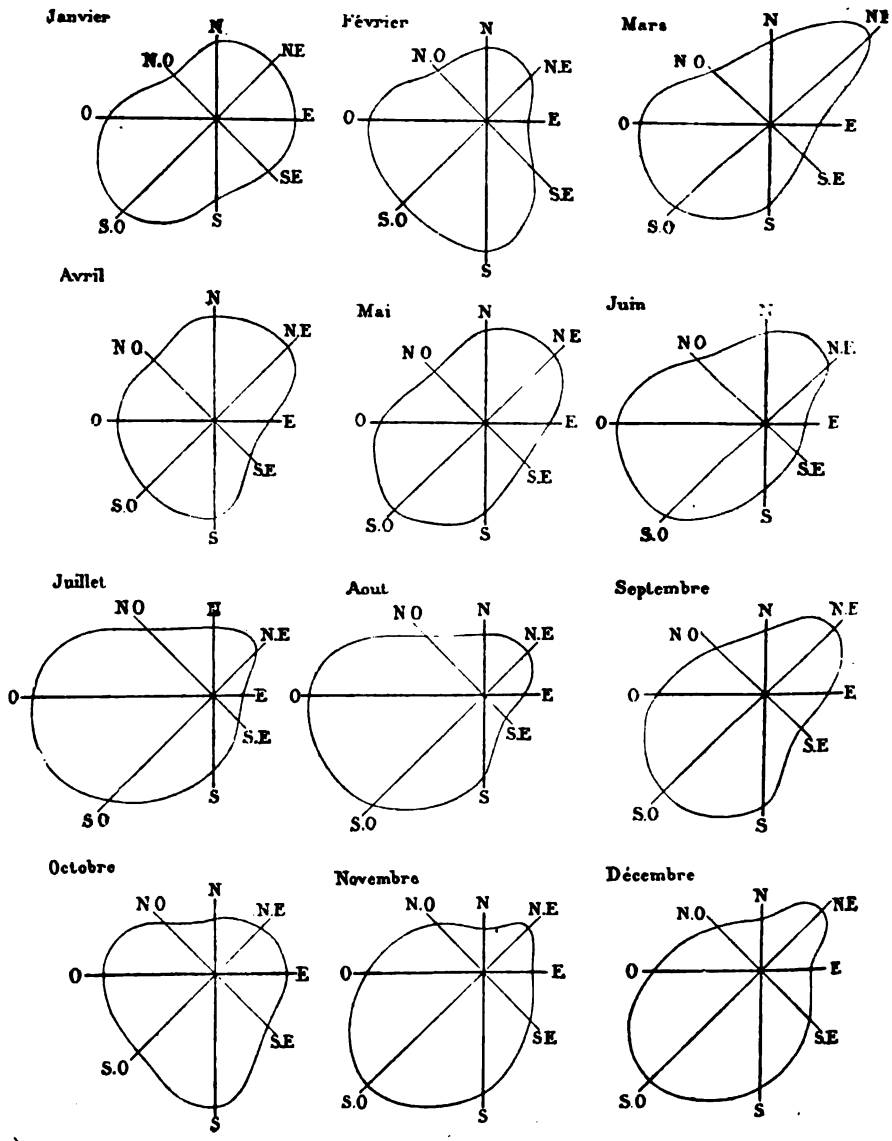


Fig. 36. – Régimen medio mensual de los diferentes vientos en París

cuidado, se verá lo mismo en toda la extensión de nuestras magníficas costas.

Tal es el conjunto de la dirección de los vientos en nuestras comarcas, resul-

tando en suma que la corriente ecuatorial ó viento del SO. es el que domina. A éste sigue el del NE. ó corriente polar, y al seguir entrambas rumbos opuestos ó asobreponerse una á otra, producen direcciones diferentes, que se deben asimismo á ciertas condiciones locales ó á los fenómenos atmosféricos de que hal blaremos más adelante.

Si trazásemos ahora la rosa mensual de la dirección de los vientos en Lon-

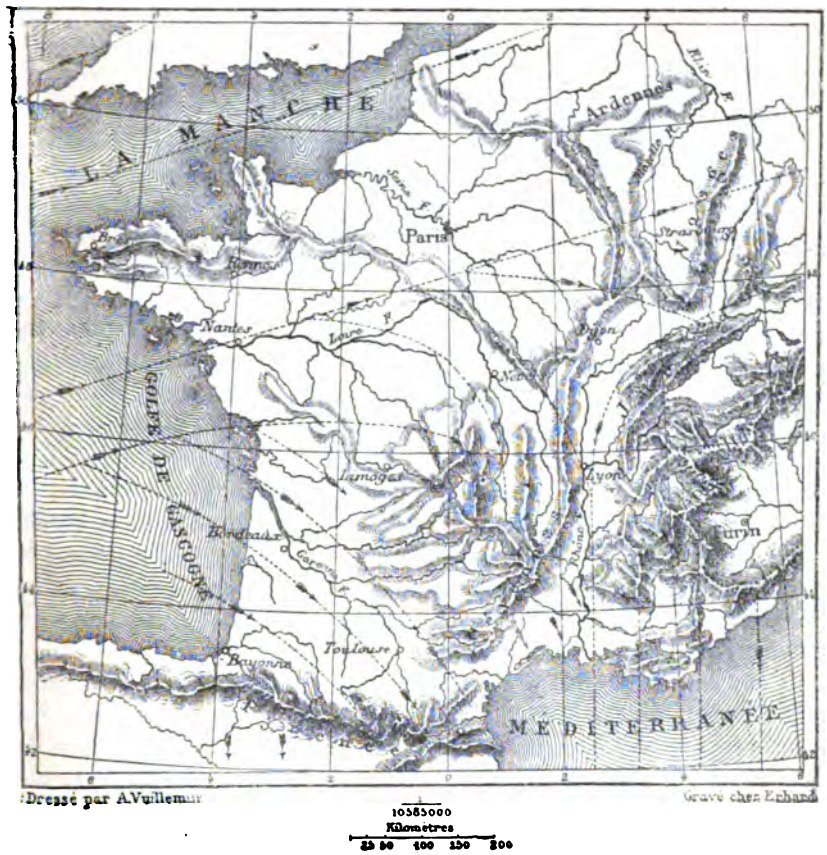


Fig. 37. – Mapa de los vientos dominantes en Francia

dres, veríamos que domina también el SO. de un modo más marcado que en París. El resultado obtenido según las observaciones hechas por espacio de veinte años (1840-1860) en el Observatorio de Greenwick, que me ha facilitado mi célebre colega M. Glaisher, director del servicio meteorológico de dicho Observatorio, da los promedios siguientes con respecto á la frecuencia relativa de cada viento:

El viento del N. sopla por término medio	41	días
– NE.	48	–
– E.	22	–
– SE.	20	–
– S.	34	–
– SO.	104	–
– O.	38	–
– NO.	24	–
Días de calma.	34	–
	365	días

(Véase la figura 38.)

La rosa de los vientos de Bruselas ofrece el mismo resultado (fig. 39), y por lo demás, ya hemos visto que la corriente ecuatorial es la que descuella en el conjunto de las observaciones hechas relativamente á la Europa entera.

Parece cierto, como creen muchos meteorologistas, que el viento no se propaga solamente por *impulsión*, sino también por *aspiración*. Este segundo modo de propagarse merece fijar nuestra atención, pues proporciona un dato importante sobre la causa del movimiento. Según parece, el primero que hizo esta observación fué Franklin. Cuenta en sus cartas que habiendo querido observar un eclipse de luna en Filadelfia, se lo impidió un huracán del Nordeste, que empezó á las siete de la tarde, cubriendo el cielo de espesas nubes, como de costumbre. Algunos días después supo con sorpresa que la tempestad no había empezado en Boston, ciudad situada á cuatrocientas millas al Nordeste de Filadelfia, hasta las once de la noche, mucho tiempo después de las observaciones de las primeras fases del eclipse; y comparando luego las indicaciones reunidas en diferentes puntos de las colonias, observó que aquella tempestad del Nordeste había tenido lugar tanto más tarde cuanto más septentrional era el lugar de observación, resultando de esto que el viento soplaba en un sentido y avanzaba progresivamente en otro contrario.

La observación del físico americano era exacta, pero incompleta. Boston está al Nordeste de Filadelfia. La tempestad pasó por Filadelfia antes de llegar á Boston y marchaba en realidad de Sudoeste á Nordeste; solamente que estas dos villas se encontraban á la izquierda de la trayectoria del ciclón, en el borde ó en la tangente del movimiento ciclónico circular Este, dirigida en efecto del Nordeste al Sudoeste y donde el viento sopla en sentido inverso de la traslación.

Era aquel un caso particular de la marcha de las tempestades, hoy muy bien conocido; pues en los Estados Unidos, como en el Atlántico y en Europa, se dirigen en general del Sudoeste al Nordeste. Hay ciertos vientos locales de aspiración, tales como las brisas de mar; pero esta causa es secundaria.

He aquí un bosquejo general de la distribución dominante del viento en el conjunto del globo (fig. 40).

Supongamos que un buque sale del círculo polar ártico para encaminarse al

ecuador, atravesarle y llegar al círculo polar del Sur: este buque encontrará en su travesía los vientos siguientes:

1.° Al hacerse á la vela, navega por la región de los vientos del Sudoeste, ó contra-alisios del Norte, llamados así porque soplan en una dirección opuesta á los alisios de su hemisferio.

2.° Después de haber cruzado el 50° paralelo, y antes de llegar al 35°, atraviesa la zona de los vientos de la parte del Oeste donde domina el Sudoeste, y donde prevalece asimismo la corriente del Nordeste sobre los otros vientos.

3.° Entre los 40 y 45 grados, hay una región de vientos muy variables y de calmas. Los vientos soplan allí indistintamente de los cuatro cuadrantes por espacio de algunos meses cada año.

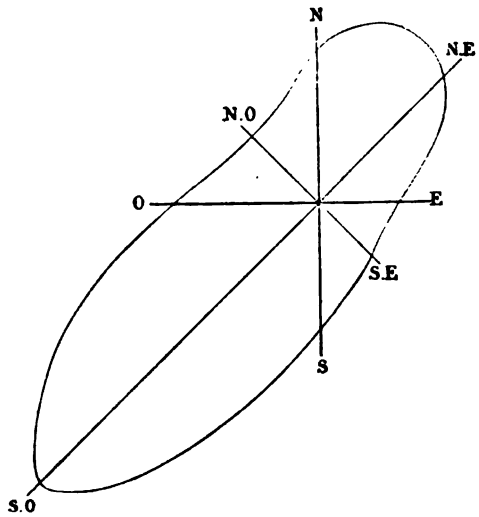


Fig. 38. - Rosa media anual de los vientos en Londres

4.° A los vientos del Oeste, que han predominado hasta entonces, sucede la región de las calmas del trópico de Cáncer, y luego la de los vientos alisios que conducen el buque hasta el 10° de latitud Norte, donde

5.° Entra en la zona de calma ecuatorial, que solamente tiene una anchura de 5°.

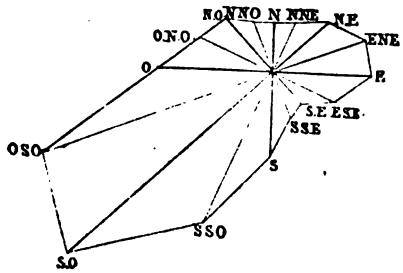


Fig. 39. - Rosa media anual de los vientos en Bruselas

6.° Desde los 5° Norte hasta los 30° Sur soplan los vientos alisios del Sudeste.

7.° Viene en seguida la zona de las calmas del trópico de Capricornio, análoga á la encontrada en el de Cáncer.

8.° Entre los 35° y 40° Sur dominan los vientos que soplan regularmente del Oeste, extendiéndose hasta el NO. y el SO.

9.° Por último, el buque encuentra al llegar al 40.° grado los contra-alisios del Sur, cuya dirección es del Noroeste, y predominan hacia el polo austral hasta donde han podido llevarse las observaciones.

Tal es el estado general del viento en la superficie del globo, y en particular en nuestras comarcas.

Si consideramos ahora la *intensidad* del viento, observaremos que su variación, tan irregular en la apariencia, está unida, sin embargo, como todas las cosas, á los movimientos de la Tierra, á las estaciones y á los días. Según lo que resulta de veinte años de comparaciones hechas en Bruselas, el viento es menos intenso durante los días más largos, y por el contrario, más intenso durante los más cortos: las indicaciones de la intensidad del viento dan en junio 0,832, y en diciembre 1,227. Parece exceptuarse, sin embargo, el mes de sep-

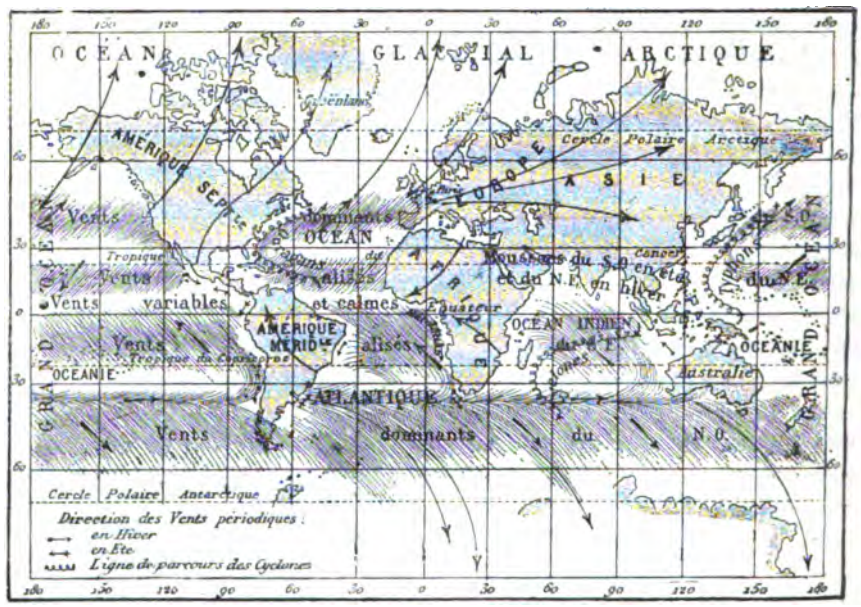


Fig. 40. – Mapa de los vientos dominantes del globo

tiembre, pues presenta evidentemente el mínimo, dando tan sólo 0,804; pero también es verdad que este mes es excepcional bajo muchos aspectos en nuestros climas.

Por lo demás, no deja de ser notable que durante los seis meses en que el Sol se halla debajo del ecuador, la fuerza del viento exceda del promedio del año, mientras que, al contrario, dicha fuerza es generalmente inferior al promedio en cada uno de los otros seis meses.

La intensidad del viento varía también según las horas del día. El anemómetro del Observatorio de Bruselas, que marca los vientos de 5 en 5 minutos, demuestra que esta variación diurna de la intensidad del viento se extiende desde un promedio de 0,15 (12 de la noche á las 4 de la mañana), hasta 0,21 (10 m.), 0,26 (12 del día), 0,29 (2 de la tarde), 0,28 (4 t.) y 0,23 (6 t.). Esta variación se advierte en la curva de la figura 42.

Por consiguiente, el viento tiene á las 2 de la tarde una fuerza casi doble de la que posee á media noche.

Día vendrá en que quede perfectamente determinada en nuestros climas la marcha de los vientos variables, así como lo está ya hace mucho tiempo la circulación de los alisios y de los monzones en las regiones tropicales. Día vendrá en que los vientos superiores revelarán al meteorologista la ruta invisible que siguen en las alturas aéreas, del mismo modo que los planetas han revelado al astrónomo la órbita misteriosa de la que no se separan jamás. Entonces conoceremos la dirección de la onda atmosférica que debe pasar sobre nuestras cabezas en cada día del año y en cada país. Entonces sabremos dirigir la cúspide del aeróstato hacia un punto determinado de la rosa de los vientos, y viajar por los aires en las alas flexibles y blandas de la perfumada brisa. El rechinamiento de la maciza locomotora no estremecerá ya el inerte riel de las vías férreas. Las vías aéreas, abiertas á la industria por la ciencia, como lo han sido sucesivamente todas las demás, nos ofrecerán sus desusados caminos para hacer la más magnífica, la más sublime de las travesías.

Fig. 41. – Intensidad mensual de los vientos

Este adelanto se realizará en este siglo, antes de cien años, si para entonces han desaparecido los soldados de toda la Europa.

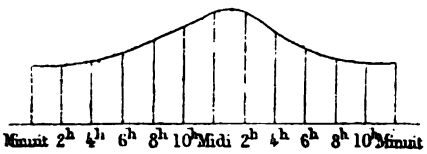


Fig. 42. – Intensidad diurna de los vientos

Las corrientes, cuyas leyes acabamos de estudiar, desempeñan un gran papel en la naturaleza. Favorecen la fecundación de las flores agitando las ramas de las plantas y transportando el polen á grandes distancias: renuevan el aire de las ciudades, y mitigan el rigor de los climas del Norte llevándoles el calor del Mediodía. Sin ellas, serían desconocidas las lluvias en el interior de los continentes, que se transformarían en áridos desiertos. Sin ellas, la Tierra sería casi inhabitable y habría comarcas enteras convertidas en focos de infección, en vastos cementerios. Ya hemos visto en el tomo primero los efectos deletéreos del aire estancado; el hombre es el más terrible veneno para el hombre, y una prueba lamentable de ello son las relaciones de los tifus y de las pestes. Los vientos, solamente los vientos, pueden atenuar ó precaver estos males, barriendo las emanaciones, diseminándolas en el inmenso espacio, reemplazando una atmósfera viciada con un aire fresco y saludable. Por otra parte, sucede con el aire lo que con el agua: el movimiento solo los conserva.

Y los vientos, no tan sólo distribuyen la vida, sino que también llevan la muerte á las regiones donde imperan.

Veinte leguas de distancia no bastan para poner á Roma al abrigo del aire mortífero de las lagunas pontinas. En París, el viento del Sudoeste sopla setenta días al año: póngase un *agro romano* en Mayena, en Sarthe, en Turena, y la población parisiense quedará diezmada por las fiebres intermitentes y herida en su virilidad.

Hemos visto que el viento dominante en todas las latitudes iguales á las de Europa, y aun algo más meridionales, es el del Sudoeste, que lleva á dicha parte del mundo el aire cálido del Atlántico y le proporciona ese clima singular que permite cultivar la cebada y algunos cereales hasta el Cabo Norte, mientras que en la Groenlandia, privado de aquellos hálitos benéficos, jamás desaparece el hielo, aunque aquella región comprenda algunas de las latitudes del Norte de la Escocia. La hermosa, rica é ilustrada ciudad de Boston, en los Estados Unidos, está en la misma latitud en que crecen los olivos en España, y sin embargo, allí hay inviernos que hielan las aguas de los estanques y de los pequeños lagos de las inmediaciones hasta un metro de profundidad. Los cinco grandes lagos americanos, verdaderos mares de agua dulce, se congelan profundamente, y soportan durante el invierno ferrocarriles improvisados lo mismo que sostienen buques durante el verano. ¡Qué triste producto es el hielo, comparado con los aceites y vinos que el dulce clima de Burdeos y de España depara á los indolentes labradores! Y sin embargo, la inteligente actividad del ciudadano de los Estados Unidos ha convertido ese mismo hielo en una verdadera cosecha que se exporta á la India y á las regiones tropicales, á un precio superior sin duda alguna al que los asturianos sacan de sus aceites (1).

Los industriales americanos han conseguido persuadir á sus conciudadanos de que el hielo es excelente, y en los Estados Unidos todo el mundo toma hielo, aun en invierno.

Hacia el centro de nuestro país se halla el punto cuyo clima es el más hermoso del mundo entero, de suerte que si se elige una localidad determinada al Oriente del meridiano de París, cualquiera otra localidad del mundo situada en semejante latitud tendrá un clima menos favorable. Por consiguiente, la naturaleza ha hecho mucho en favor de la Francia, y los argumentos diplomáticos de ultra-Rhin no podrán cambiar ese clima, que es ya legendario, ni ese cielo, que podrá causar envidia, pero cuya dulzura y encanto nadie podrá arrebatarle. En cuanto á nosotros, aún nos queda que hacer mucho para reponernos de nuestra pasajera molicie, y confirmar ante el mundo nuestra potencia intelectual, la única verdadera, porque, como decía Napoleón, «la fuerza no funda nada.»

Consideremos entretanto la importancia del viento en la climatología.

(1) Suponemos que el autor se habrá querido referir á otra región de España, pues no sabemos que en Asturias se coseche aceite. *(N. del T.)*

Los vientos tienen una influencia dominante en la distribución de las temperaturas, introduciendo en los diferentes países, según su exposición, modificaciones permanentes en el clima que tendrían sin ellos. La dirección de los vientos da inmediatamente lugar á cierto orden en la temperatura íntimamente ligado con ella. Las corrientes de la Atmósfera llevan consigo la temperatura de las comarcas de donde proceden. Todos hemos observado que el viento del Norte es generalmente frío y el del Sur caliente; pero no sería cuerdo atenerse á tan vagas observaciones, mucho más cuando la misión de la ciencia consiste en analizar los hechos. Por consiguiente, hace muchos años que se tiene cuidado de comparar las temperaturas marcadas por el barómetro con las direcciones del viento observado, y uno de los primeros resultados ha sido comprobar que los vientos procedentes del Sudeste y del Sur producen en Francia un aumento de temperatura de 3 ó 4 grados sobre los que soplan en dirección opuesta. Comparando las temperaturas medias correspondientes á los diferentes vientos en distintas ciudades de Europa, se ha averiguado que la influencia del viento varía según los lugares, como se echará de ver fácilmente por el siguiente cuadro:

INFLUENCIA DE LOS VIENTOS EN LAS TEMPERATURAS

	N.	NE.	E.	SE.	S.	SO.	O.	NO.	Diferencias
París.	11°2	11°5	13°2	15°1	15°2	14°7	13°4	11°9	4°0
Carlsruhe.	10 5	8 6	10 5	13 1	12 5	10 9	12 4	11 2	4 5
Londres.	7 7	8 1	9 6	10 6	11 4	10 8	10 2	8 7	3 7
Dublín..	7 4	8 1	9 0	9 6	10 5	10 4	8 9	7 5	3 1
Hamburgo.	8 0	7 6	8 4	9 5	10 0	10 1	9 2	8 4	2 5
Zecken (Silesia). . . .	5 7	6 4	7 6	8 2	9 6	9 5	8 2	6 9	3 9
Ayrs (Prusia)	4 1	4 4	3 4	7 9	6 5	6 4	7 0	8 1	4 7
Reykiawick (Islandia). .	1 7	2 1	5 1	7 2	8 1	3 6	7 7	7 6	6 4
Moscou.	1 2	1 4	3 5	4 0	6 0	5 7	5 4	3 3	4 8

Se ve que la diferencia media entre la influencia de los vientos cálidos y la de los fríos llega á 4 grados en París y aun á 6°,7 en Islandia. A menudo suele haber diferencias mucho más notables.

El viento más frío sopla casi en todas partes en una dirección comprendida entre el Norte y el Este. El viento más caliente sopla poco más ó menos en todas partes del SSO. A medida que se penetra en el interior del continente, dicho viento se aproxima más al Oeste.

La figura 43 representa la influencia de los vientos en la temperatura media del año y en la de las estaciones, en París. Se ha trazado contando en las direcciones del viento, á partir del centro, un milímetro por grado, y reuniendo por medio de una curva las cifras relativas á cada viento. En invierno es cuando el viento del SO. eleva más la temperatura, y cuando el NE. es más frío.

Lo que precede viene á confirmar la gran verdad de que en meteorología no hay ningún fenómeno aislado: todos obran y refluyen unos sobre otros. Ape-

nas sopla el viento SO. en nuestros climas, cuando ya influye en la temperatura, no sólo por su calor, sino también por los vapores que arrastra, y por el estado del cielo, que es su consecuencia. En invierno, los vientos húmedos del Oeste son notablemente cálidos porque cubren el cielo de nubes, y se oponen así á la irradiación terrestre; en verano son más frescos porque impiden que los rayos solares lleguen hasta la superficie del suelo; así es que en verano el NO. es el más fresco, y el SE. el más caliente.

El Observatorio meteorológico de Montsouris ha cuidado de hacer estas observaciones que influyen de un modo tan notable en el clima de un país. La figura 44 representa las rosas termométricas de cada mes durante un año entero. En ellas se ve al primer golpe de vista que el viento más caliente es el SE. y el ESE.

Todas estas observaciones hacen ver cuán grande es la influencia del movimiento del aire, y dan una idea de las grandes modificaciones que debe introducir necesariamente en la temperatura media, elevada por muchos de esos vientos y rebajada por otros. Estos resultados generales prueban suficientemente que la determinación exacta de las temperaturas diurna, mensual y anual está íntimamente relacionada con la frecuencia relativa de los vientos reinantes.

Los vientos no ejercen su acción únicamente sobre la temperatura, sino también sobre la presión atmosférica. He aquí el resultado de un gran número de años de observaciones hechas con respecto á este asunto en las principales ciudades de Europa:

INFLUENCIA DE LOS DIFERENTES VIENTOS EN EL BARÓMETRO

Vientos	París	Londres	Copenhague	Berlín	Haya	Viena	Estocolmo	San Petersburgo	Moscou
	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.
N.	759,09	759,00	764,52	758,68	755,61	749,88	757,91	759,72	743,07
NE.	759,49	760,71	765,13	759,36	756,00	749,14	758,88	761,97	745,06
E.	757,24	758,93	763,69	758,77	754,61	745,78	757,31	762,00	743,90
SE.	754,03	756,83	759,40	754,69	752,14	748,30	754,73	762,25	741,74
S.	753,15	754,37	759,54	751,33	751,10	747,74	753,90	759,90	740,63
SO.	753,52	755,25	759,11	752,57	751,39	745,89	754,12	759,88	740,34
O.	755,57	757,28	761,07	756,00	752,21	745,84	756,04	759,43	741,06
NO.	757,78	758,03	763,49	757,62	754,24	749,16	765,56	657,58	741,76
Promedio.	756,22	757,58	762,26	756,02	753,29	747,79	756,18	760,64	742,19

El resultado general de todas estas indagaciones es que el barómetro llega á su mayor altura cuando soplan los vientos comprendidos entre el Norte y el Este, es decir, las corrientes más frías, y á su menor elevación cuando estos proceden del Sur y del Eeste, que son precisamente los más cálidos.

En otros países se han obtenido deducciones análogas. Por ejemplo, en la

costa oriental de los Estados Unidos y en China, el barómetro está regularmente más elevado cuando hay vientos del NO. que son los más fríos en aquellas regiones, y más bajo cuando los hay del SE., cuya temperatura es mayor. El hecho de la elevación del barómetro con los vientos fríos y de su descenso con los calientes es general dondequiera que se ha observado.

En Europa, los vientos más lluviosos son los comprendidos entre el Sur y el Oeste, y los más secos entre el Norte y el Este.

La figura 45 reproduce la *rosa barométrica de los vientos* en París. La curva de puntos es la media del año. Las otras cuatro son las de las cuatro estaciones. Se ve que por lo que respecta á la primera, el barómetro está más alto cuando soplan los vientos del NE., y más bajo cuando los del Sur. En invierno llega á su mayor altura (que excede en mucho la altura media) con el viento del N. y con el SSO. cuando desciende más. En verano, la curva es muy amplia para toda la región Norte; en otoño, bastante irregular, y en la primavera, el mínimo barométrico más marcado se presenta cuando sopla el viento del SE.

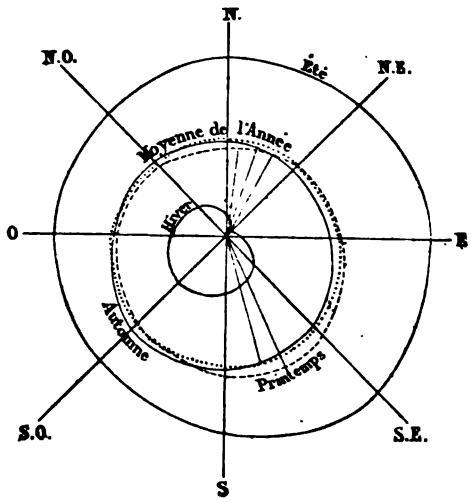


Fig. 43. - Rosa termométrica de los vientos

Así como los vientos influyen, según la dirección de que proceden, en la temperatura y en la presión del aire, en el termómetro y en el barómetro, así también ejercen cierta acción en la *humedad*, y anuncian, traen ó alejan la lluvia.

La experiencia diaria nos enseña que el aire no es igualmente húmedo con todos los vientos. Cuando el labrador quiere secar sus trigos y su heno; cuando la dueña de una casa pone á secar la ropa lavada, ven pronto satisfechos sus deseos si el viento Este sopla de un modo continuo; pero si sopla el O., necesitan mucho más tiempo. Ciertas operaciones de tintorería no salen bien sino con los vientos del Este. Mas por instructivas que sean estas observaciones, no pueden basarse en ellas leyes rigurosas.

Hemos visto en nuestro libro primero que el aire contiene constantemente, aparte de los gases que lo componen, cierta cantidad de *vapor de agua*, y que este elemento desempeña el principal papel en la absorción y distribución del calor en la superficie del globo, pues el del oxígeno y el nitrógeno es insignificante comparado con aquél. Sería de la mayor importancia conocer numéricamente la cantidad de vapor que existe en las diferentes regiones del globo. La

vida de las plantas y de los animales, el carácter del terreno dependen de dicho elemento tanto como de la temperatura. La sequía y la humedad del aire tienen

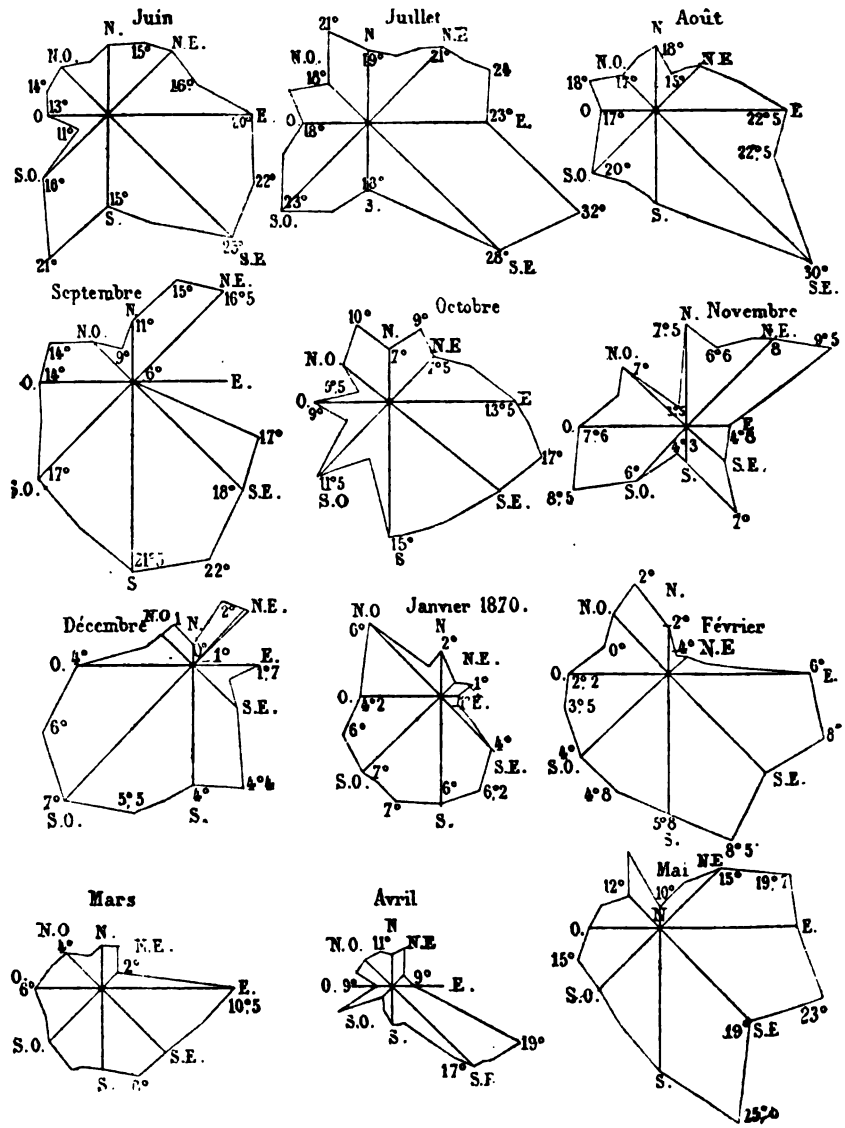


Fig. 44. – Grados de temperatura correspondientes á los diferentes vientos de cada mes durante un año en París

una extraordinaria influencia en el desarrollo de las enfermedades. Lo que se sabe positivamente es que en todos los mares el aire está casi completamente

saturado de vapor de agua, saturación que disminuye á medida que se aleja de las costas. A veces, no obstante, dicha saturación es completa en la tierra firme después de continuadas lluvias, porque el agua dulce se evapora con más facilidad que la salada. Pero en suma, la cantidad de vapor de agua contenida en el aire varía según los países, habiendo regiones, como los desiertos de Africa ó de Asia, ó las estepas de la Siberia, donde el suelo no produce la menor evaporación y donde el aire es sumamente seco. Los vientos del mar son húmedos; os de los continentes, secos.

La cantidad de vapor de agua que el viento puede tener en suspensión varía según la temperatura.

Supongamos un metro cúbico de aire saturado de vapor á 20°; contendrá 18 gramos. Ahora bien: si llega una corriente de aire frío y le reduce á 0°, como ya no puede contener más que 5 gramos, tendrá que dejar caer unos 13 gramos. Esta condensación produciría lluvias cotidianas si llegaran cada día corrientes frías existiendo semejantes estados de saturación, y cada ráfaga de aire que se elevara desde la superficie del suelo á algunos metros de altura, se enfriaría por esta misma causa lo bastante para producir vapores condensados.

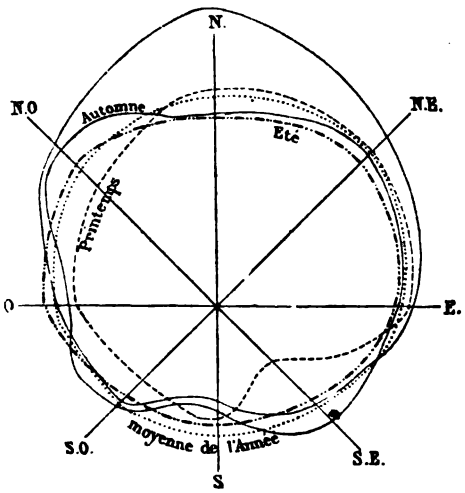


Fig. 45. – Rosa barométrica de los vientos

La cantidad de vapor de agua es reducida en extremo cuando el viento sopla entre el N. y el NE.; aumenta cuando salta al E., al SE. y al S., y llega á su *máximum* entre el S. y el SO. para disminuir de nuevo al pasar al O. y al NO. La causa de estas diferencias es muy sencilla. Los vientos del Oeste pasan por el Atlántico antes de llegar hasta nosotros, recargándose allí de vapores, mientras que los que soplan del Este vienen del interior de los continentes de Europa ó de Asia. Estos vapores se resuelven en lluvia cuando los vientos occidentales llegan á Francia; pero el agua que cae se evapora casi inmediatamente, y de aquí resulta que estos vientos continúan siempre más cargados de vapor que los del Este. Como el viento del OSO. llega á la vez del mar y de regiones más cálidas, puede recibir una proporción de vapor de agua mayor que el viento O., que es más frío. No sucede lo mismo en cuanto á la humedad *relativa*.

Por esta causa, aunque el aire contiene una proporción de vapor de agua mucho menor cuando sopla el viento Norte que cuando sopla el Sur, no por eso es mucho más húmedo, á causa de su baja temperatura. Las estaciones modifi-

can además esta regla general. En el Apéndice se encontrarán los detalles de la relación observada entre la dirección del viento, la humedad y la *lluvia*.

Ahora debemos averiguar la fuerza y la velocidad del viento considerado en sí mismo.

Conocido es este dicho sobre la ligereza de las mujeres, tema favorito del siglo XVII: *Quid levius pluma? Pulvis. – Quid pulvere? Ventus. – Quid ventu? Mulier. – Quid muliere? Nihil.* «¿Qué cosa hay más ligera que la pluma? El polvo. – ¿Y que el polvo? El viento. – ¿Y que el viento? La mujer. – ¿Y que la mujer? Nada.»

El satírico Bussy-Rabutin había mandado pintar en uno de los tableros del salón de su castillo una gran balanza, en uno de cuyos platillos había una mari-

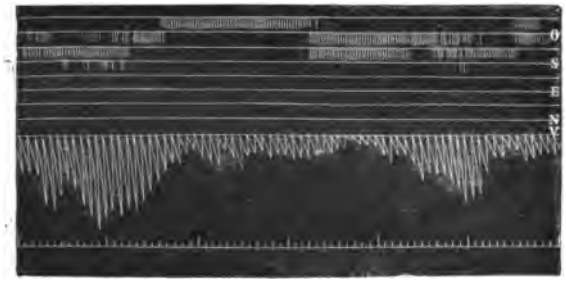


Fig. 46. – Diagramas del anemómetro, que marcan la dirección y velocidad del viento

posa y en el otro una dama. ¡La balanza se inclinaba del lado de la mariposa! Pero lo más curioso de este símbolo consistía en que la dama representada era Mme. de Sevigné, prima de Bussy. M. Babinet, que refiere el hecho, añade que lo sabe por un testigo ocular.

Sin llevar más lejos la comparación, podemos advertir que el viento está dotado de extraordinaria ligereza á la vez que de suma energía. No hay elemento más caprichoso ni movible que este; no hay otro tan capaz de acariciarnos blandamente ó de enfurecerse. La escala de sus variaciones es de tal amplitud que con dificultad podemos darnos cuenta de toda la gradación que puede recorrer, desde el tenue soplo que apenas riza la superficie de un lago tranquilo hasta el huracán que desarraiga los árboles y derriba los edificios. La tabla que se inserta en la página siguiente puede dar una idea de los diferentes grados de velocidad que puede adquirir.

La velocidad del viento es el número de metros que recorren las moléculas de aire en un segundo (ó el número de kilómetros recorridos en una hora). La intensidad ó la fuerza del viento es la presión que ejerce sobre la unidad de superficie, que es el metro cuadrado; ordinariamente se expresa en kilogramos.

VELOCIDAD Y FUERZA DEL VIENTO

ESCALA TERRESTRE	EFECTOS DEL VIENTO	ESCALA MARINA	VELOCIDAD en metros por segundo	VELOCIDAD en kilómetros por hora	Presión del viento en kilogramos por metro cuadrado
			metros	kilómetros	kilogramos
0. Calma. . .	El humo se eleva verticalmente; no se mueven las hojas de los árboles.	0. Calma.	de 0 á 0,5	de 0 á 2	de 0 á 0,1
1. Débil. . .	Sensible á las manos ó cuerpo; agita las hojas ligeras.	1. Casi calma. 2. Brisa ligera.	de 0,5 á 5	de 2 á 18	de 1 á 3
2. Moderado..	Hace flotar una bandera, agita las hojas y las ramas delgadas.	3. Brisa pequeña. 4. Brisa alegre.	de 5 á 10	de 18 á 36	de 3 á 12
3 Recio. . .	Agita las ramas.	5. Buena brisa 6. Buen fresco.	de 10 á 15	de 36 á 54	de 12 á 27
4 Fuerte. . .	Agita las grandes ramas y los árboles pequeños.	7. Buen aire. 8. Golpecito de viento.	de 15 á 20	de 54 á 72	de 27 á 48
5. Violento. .	Sacude todos los árboles, rompe las ramas de algunos.	9. Golpe de viento. 10. Fuerte golpe de viento.	de 20 á 30	de 72 á 108	de 48 á 108
6. Huracán. .	Derriba las chimeneas; levanta los techos de las casas; derriba los árboles	11. Tempestad. 12 Huracán.	más de 30	más de 108	más de 108

Aún no se sabe á qué grado de velocidad pueden llegar las masas de aire impelidas por los ciclones, porque el viento de tempestad debe alcanzar su mayor rapidez en las regiones superiores de la Atmósfera, que sólo ofrecen una débil resistencia á las corrientes aéreas. Así es que no basta averiguar la marcha de las moléculas de aire al nivel del suelo, ó á una pequeña altura, para formarse una idea de la velocidad con que se mueve la masa atmosférica empujada por el huracán. En mis viajes aerostáticos he comprobado que la velocidad del aire aumenta generalmente con la altura. En una de sus ascensiones, M. Coxwell ha hecho un viaje de 110 kilómetros en 60 minutos, en tanto que debajo de él los instrumentos apenas marcaban 23 kilómetros en la misma hora. El globo que durante el sitio de París fué á caer en Cristianía, capital de la Noruega, recorrió 1.600 kilómetros en 15 horas, es decir, 106 kilómetros por hora, y sin embargo, al nivel del suelo el viento era el ordinario. El globo lanzado en París á las once de la noche del 16 de diciembre de 1804, con motivo de las fiestas de la coronación de Napoleón, voló directamente hasta Roma á llevar la noticia del acatamiento del papa al emperador, y cayó á eso de las siete de la mañana cerca de la ciudad, rompiendo contra la tumba de Nerón la corona imperial que llevaba, formada de 3.000 vasos de colores; ¡había recorrido 1.300 kilómetros en ocho horas, ó sea 162 kilómetros por hora! Pero todavía se cuenta una velocidad aerostática mayor que estas: un día, el globo de Green fué arrebatado hacia Lon-

dres con una fuerza de 64 metros por segundo. Estos hechos pueden darnos una idea de la velocidad del ciclón á cierta altura sobre el nivel del suelo, cuando en la tierra, sembrada de obstáculos, avanza á razón de 180 kilómetros por hora, y en el Océano con la rapidez de 240 á 300 kilómetros, quintuplicando la gran velocidad de nuestras locomotoras. Este formidable ímpetu del aire en la superficie del Océano, así como el frotamiento de las moléculas aéreas, explican, como Cicerón lo hacía observar dos mil años atrás, la causa de que la temperatura del agua se eleve después de las tempestades.

En cuanto á la presión ejercida por la corriente aérea al moverse con semejante velocidad, es verdaderamente formidable. En una memoria sobre la construcción de los faros, Fernel apreciaba la presión más fuerte del viento en 275 kilogramos por metro cuadrado; pero es muy probable que un gran número de huracanes haya pasado de esta cifra. Sin mencionar los efectos producidos por los grandes ciclones de los trópicos, se han presentado en la zona templada varios casos en que la presión ejercida por el viento en un espacio algo reducido era muy superior á lo calculado por los meteorologistas. Para no citar más que un ejemplo, recordaremos que la tempestad del 27 de febrero de 1860, que procedía del Oeste y se engolfó en la llanura de Narbona por la especie de estrecho por donde pasan el canal y el camino de hierro del Mediodía, tuvo bastante violencia para hacer descarrilar en parte dos trenes que cogió de través entre las estaciones de Salces y de Rivesaltes: ¡la presión debió ser de 400 kilogramos!

Durante la tempestad ocurrida el 14 de febrero de 1868, algunos vagones que estaban parados en la línea de Napoleón-Vendée á Sables (Arenas) de Olonne se pusieron en marcha impelidos únicamente por el viento, recorriendo de este modo unos cuatro kilómetros. Los guardas, al verlos pasar, se cuadraban reglamentariamente con su banderola arrollada, delante de sus casetas, creyendo vigilar la marcha de un tren extraordinario.

Los ingenieros de la compañía del Este han deducido de una serie de experimentos dinamométricos que un viento bastante fuerte produce una resistencia de 12 kilogramos cuando la velocidad es de 46 kilómetros, lo que da 72 kilogramos por coche y 936 por un convoy de 13 vagones. Esta resistencia puede dar lugar á un retraso de una hora y aún más en la duración del trayecto de París á Estrasburgo.

La fuerza mecánica del viento es proporcional á la superficie del objeto y está en razón directa del cuadrado de la velocidad; el efecto producido en cada metro cuadrado con una velocidad de 1 metro por segundo equivale á 0 kilogramos 125 próximamente, y por consiguiente á medio kilogramo por cada 4 metros de superficie. El efecto de los vientos fuertes, cuya velocidad llega á 20 metros por segundo, es en cada metro cuadrado de 50 kilogramos; con los huracanes, cuya rapidez es de 40 metros, la presión se cuadruplica y llega á 200 kilogramos. En vista de esto, fácilmente se comprende que el viento puede derribar árboles y casas.

Las fuerzas que las moléculas de aire no tienen por su masa, la adquieren por su velocidad, siendo por lo tanto capaces de producir efectos que parecen increíbles, y que sin embargo están en armonía con las leyes de la mecánica.

Para dar una idea exacta de estos efectos, anticiparemos aquí algunos datos con respecto á los ciclones, y citaremos varios de los muy funestos desastres causados por ciertos huracanes que se han hecho célebres.

El 25 de julio de 1825, el viento derribó en la Guadalupe algunas casas de sólida construcción, y arrasó completamente toda una ala de un edificio nuevo construído á expensas del Estado con la mayor solidez. El viento imprimió á las tejas tal velocidad, que muchas de ellas penetraron en los almacenes atravesando macizas puertas.

Un tablón de abeto de 1 metro de longitud, 2 decímetros y medio de anchura y 23 milímetros de espesor, voló por el aire con tal fuerza y rapidez que atravesó de parte á parte un tronco de palmera de 45 centímetros de diámetro.

Un madero de 20 centímetros de escuadría y de 4 á 5 metros de largo, arrojado por el viento en un camino estrecho, de piso duro y mucho tránsito, penetró en la tierra á un metro de profundidad.

Una magnífica verja de hierro, colocada delante de[1] palacio del gobernador, fué hecha pedazos. Tres cañones de 24 fueron á parar al otro lado de la batería.

En 1823, un torbellino, cuyo diámetro no llegaba á 1 kilómetro, pasó por cerca de Calcuta y mató en cuatro horas 215 personas, hirió á 223, derribó 1.239 cabañas de pescadores, é hizo que un bambú atravesara de parte á parte una muralla de metro y medio de espesor, es decir, que la ráfaga de aire en movimiento tenía una fuerza igual á la de un cañón de á 6.

En 1837, la fortaleza que defiende la entrada del puerto de Saint-Thomas quedó tan mal parada como si la hubiesen bombardeado. El viento arrancó del fondo del mar enormes trozos de rocas que se hallaban á 10 y 12 metros de profundidad y los lanzó sobre la playa. Muchas casas sólidas, arrancadas de cuajo, fueron arrastrando por el suelo, huyendo ante la tempestad. En las orillas del Ganges, en las costas de las Antillas y en Charlestown, el huracán echó á pique ejos de la costa algunos buques, arrojándolos luego á los campos ó á los bosques del interior. En 1681, un barco de Antigua fué empujado sobre las quebradas, á una elevación de 3 metros sobre las más altas mareas, quedando suspendido como un puente entre dos puntas de rocas. En 1825, desaparecieron los buques que había en la rada de Tierra-Baja, y uno de los capitanes, que tuvo la suerte de librarse de la muerte, refirió que su buque había sido aspirado por el huracán, sacado fuera del agua y que «naufragó, por decirlo así, en los aires.» Un gran número de muebles destrozados y de otros restos, arrebatados de las casas de Guadalupe, fueron á parar á Montserrat, franqueando un brazo de mar de 80 kilómetros de anchura. Durante la tempestad que tantos estragos causó en el canal de la Mancha el 11 de enero de 1866, las olas lanzaron en el dique de Cherburgo y á más de 8 metros de altura por encima del parapeto muchas pie-

dras de 2 á 300 kilogramos, que formaban la parte exterior de aquel revestimiento de rocas. El mar, dice el almirante La Ronciere le Noury, enfurecido por los vientos que le trastornaban, empujaba con tremendo impulso las olas, que chocando contra el fuerte, se elevaban á 60 metros de altura..... En el capítulo de los *Ciclones* ó *Huracanes* nos extenderemos más sobre estos efectos formidables.

Para explicar estos fenómenos solamente hay una dificultad, la cual consiste en saber cómo ha podido recibir el aire tan prodigioso ímpetu en la Atmósfera; pues, dada esta velocidad, las acciones mecánicas más sorprendentes serían sus consecuencias necesarias. Es análoga á los gases en movimiento que lanzan la bala fuera del cañón, ó que arrojan á los aires enormes pedruscos cuando estalla una mina. Se puede atravesar una tabla de encina de dos centímetros de espesor con el cabo de una vela que haga las veces de bala en el cañón de un fusil, en cual caso la fuerza del proyectil no se debe más que á su velocidad; esta es una prueba que he hecho muchas veces, pero es preciso disparar perpendicularmente á la plancha y casi á boca de jarro.

Vientos particulares y locales —Después de haber estudiado la teoría y el modo como ejercen su acción los vientos regulares é irregulares que soplan en la superficie del globo, debemos fijar nuestra atención en los vientos particulares que caracterizan ciertas comarcas, así como en los movimientos atmosféricos que á veces atraviesan los mares y los continentes con la velocidad de un ave de rapiña, siendo al parecer una excepción en el sistema de leyes orgánicas que rige la naturaleza. La análisis científica está en conexión con estos mismos fenómenos, y demuestra que obedecen, como todo cuanto existe en el universo, á leyes definidas y determinadas.

Los ciclones, huracanes ó tempestades serán objeto del siguiente capítulo. Como transición, ocupémonos un instante de ciertos vientos particulares más ó menos célebres y tomemos una idea exacta de su carácter respectivo.

En Francia, el clima templado que nos sonríe aleja de nuestras cabezas todos los fenómenos atmosféricos intensos que tan frecuentes son en cielos menos hospitalarios. Los golpes de viento y las tempestades proceden de movimientos ciclónicos de que hablaremos más adelante. Las tormentas serán también objeto de otro estudio ulterior. Como *vientos* propiamente dichos que se distinguen algún tanto por su carácter del conjunto de los vientos generales, podemos citar en primer lugar el *cierzo* ó *tramontana*, viento del Norte muy frío y de una intensidad bastante violenta algunas veces. Es muy temido en nuestros departamentos septentrionales, porque llega casi siempre en línea recta del mar del Norte, y porque al atravesar la Bélgica y la Holanda, cubiertas de nieves, se enfría más y más. En Istria y en Dalmacia se conoce el cierzo con el nombre de *bora*, siendo tal su fuerza, que á menudo derriba caballos y carretas. En España se designa este mismo viento, que para aquel país es Nordeste, con el nombre de *gallego* (1).

(1) El viento que en España lleva el nombre de *gallego* es el del NO., así como *cierzo* (*bise* en francés) el del Norte. *(N del T.)*

El viento del Sudoeste *frío* y violento que sopla en el Sur de la Francia, después de haber pasado por las nieves de los Alpes y de los Pirineos, y que se conoce con el nombre de *mistral*, merece ocupar particularmente nuestra atención.

Por espacio de mucho tiempo se ha ignorado su causa, la cual se atribuía á un enfriamiento repentino del viento al pasar por los Pirineos ó los Alpes. Marié-Davy demostró en muchas notas publicadas en el *Boletín del Observatorio* en junio de 1864, que la causa de dicho viento no es local, y que los movimientos que le dan origen se trasladan hacia el Este como las borrascas.

Kaemtz, en una comunicación dirigida al Instituto, en julio de 1865, hizo ver por medio de un cuadro de presiones barométricas en Francia, España é Italia, antes, durante y después del mistral, que es una verdadera tempestad que procede de lejos, y que no se debe á un enfriamiento súbito del viento al pasar por las montañas.

No deja de ser notable que, á medida que progresan los estudios meteorológicos, se aprende á no buscar las causas de la mayor parte de los fenómenos en las localidades donde se observan, sino á relacionarlos con causas generales preponderantes á las cuales están subordinadas las circunstancias locales.

Siempre que el mistral sopla, hay un exceso de presión atmosférica al Oeste del golfo de Lyón, y sea cualquiera el origen de esta presión, acompaña en toda estación al mistral.

Para que este viento sople, cualquiera que sea la estación, es preciso que se reunan las mismas circunstancias, y ya se produzca durante un período de bueno ó mal tiempo en el Sudoeste de la Europa, ha de haber siempre un exceso de presión al Oeste de las Cevenas.

La violencia del mistral se debe á la forma del istmo pirenaico. Tan luego como la dirección general del movimiento atmosférico salta algún tanto del Oeste al Norte, la meseta central y toda la mole de los Alpes desvían la corriente hacia el golfo de Lyón. Esta corriente, comprimida entre los Alpes y los Pirineos en el sentido de su anchura, y por las Cevenas en el vertical, forma un *rápido* en las costas del Langüedoc, y de aquí resulta una de las causas del exceso de presión en la vertiente Noroeste de las Cevenas y la diminución de la misma en el Mediterráneo, donde el viento conserva una velocidad que no guarda relación con la anchura del lecho en que corre.

De la misma causa depende la violencia del viento N. en el valle del Ródano, entre las estribaciones de los Alpes y las de la meseta central.

El mistral es el viento más seco de aquellos parajes, porque ha adquirido tal propiedad al pasar por las Cevenas; y en efecto, es lluvioso en la vertiente Noroeste de dichas montañas; los vientos de las regiones E. ó S. llevan allí las lluvias, porque son vientos marinos en las costas y en la vertiente Sudeste de las Cevenas, al paso que en la vertiente opuesta son secos.

El antípoda del mistral es el *Fœhn* (el *Favonius* de los romanos).

Este viento cálido de Africa ha recibido de la naturaleza la misión de derretir las altas nieves de las montañas cuando llega á los Alpes. Preséntase durante la noche con furioso ímpetu ante los hielos, y reconoce todas aquellas aguas inmóviles que sacuden trabajosamente su sopor. Aquel temible bienhechor parece que se propone destruir la naturaleza que acude á salvar. Rompe, confunde, asuela, lanza pedruscos enormes desde las alturas, hace rodar gigantescos árboles hasta el lecho de los torrentes, desarraiga, arranca y se lleva á lo lejos los techos de las granjas. Difúndese el pánico en el establo; muge la vaca espantada. ¿Qué es lo que va á venir en pos de tanto estrago? Lo que viene es la primavera.

El Fœhn se burla del Sol. Este necesitaría quince días para derretir lo que el viento de Africa funde en veinticuatro horas. La nieve no puede resistirle; en dos horas derrite en el Grindewald una capa de dos pies de altura. «Así acaba la vida subterránea de las misteriosas plantas alpinas, su nieve y su noche de ocho meses. Al arrancarlas el mágico de su letargo, reviven, ven con júbilo la luz de su breve verano, y su pequeño corazón de flores se regocija al amar un momento.

»¡Qué dichosa metamorfosis! ¡Cuántos beneficios! La vida, la fecundidad que dormía en lo alto de los Alpes goza de entera libertad. Sus rocíos y sus nieblas, más útiles que ningún río, van á esparcir por la Europa ese delicado riego que forma la fina pradera, el verde terciopelo del césped.

»¡Felices aquellos que, en el momento de la gran metamorfosis, tienen ojos y oídos para escuchar el principio del concierto de todas esas aguas, cuando millares y millones de manantiales empiezan á hablar!» (Michelet.)

La elevada temperatura del interior de Africa es el origen de los vientos extraordinarios que se dejan sentir en las costas de Guinea, en las de Berbería, en Egipto, en la Arabia, en la Siria, en las estepas de la Rusia meridional, y hasta en Italia. Estos vientos, llamados harmattán, simún y jamsín, van acompañados de circunstancias muy extrañas, sobre las cuales es conveniente dar algunos detalles; son sumamente cálidos y secos y arrastran consigo torbellinos de polvo.

Llámase *harmattán* un viento que sopla tres ó cuatro veces en cada estación del interior de Africa al Océano Atlántico, en la parte de costa comprendida entre el cabo Verde (lat. 15° N.) y el López (lat. 0°,30 S.). El harmattán se deja sentir principalmente en los meses de diciembre, enero y febrero. Su dirección está comprendida entre el ESE. y el NNE. Dura comúnmente uno ó dos días y algunas veces cinco ó seis. Su fuerza es moderada.

Siempre que sopla el harmattán, se levanta una niebla de una especie particular y bastante densa para no dar paso sino al mediodía á algunos rayos encendidos del Sol. Las partículas de que está formada dicha niebla se depositan en el musgo, en las hojas de los árboles y en la piel de los negros, de tal suerte que entonces todo parece blanco. Ignórase cuál es la naturaleza de estas partículas; lo único que se sabe es que el viento no las lleva al Océano sino á muy

corta distancia de las costas, y que á una legua mar adentro, por ejemplo, la niebla es ya muy débil, y á tres leguas no queda vestigio alguno de ella, por más que el harmattán continúe aún soplando con toda su fuerza.

La extraordinaria sequedad del harmattán constituye uno de sus caracteres más marcados. Si llega á durar un poco, las ramas de los naranjos, limoneros, etcétera, se secan y mueren; la pasta de los libros (sin exceptuar la de los que están metidos en maletas bien cerradas y envueltos en tela) se arruga como si hubiera estado expuesta á un gran fuego; los bastidores de las puertas y ventanas y los muebles de las habitaciones crujen y se rompen á menudo. Los efectos de este viento en el cuerpo humano no son menos evidentes. Los ojos y los labios se ponen secos y doloridos; si el harmattán dura cuatro ó cinco días consecutivos, se cae la piel de las manos y de la cara; para precaver este accidente, hay que frotarse todo el cuerpo con grasa.

En vista de cuanto acabamos de exponer acerca de los desagradables efectos que el harmattán produce en los vegetales, podría creerse que este viento ha de ser muy insalubre; pero se ha observado lo contrario. Las fiebres intermitentes, por ejemplo, quedan radicalmente curadas al primer soplo del harmattán.

Sus propiedades venenosas son puramente imaginarias, y no sería imposible que las hubiesen inventado los árabes con el objeto de atemorizar á los viajeros que intentasen penetrar en lo que ellos consideran como su dominio. «En todas épocas, dice Kaemtz, el árabe del desierto, nómada y pobre, ha detestado al habitante de las ciudades, que lleva una vida cómoda y tranquila. Así es que cuando el mercader se ve obligado á atravesar el desierto, el beduíno le vende su protección á peso de oro..... Para los habitantes de las ciudades, el desierto era siempre teatro de las escenas de horror más exageradas. Todos los relatos maravillosos de aventuras extraordinarias hallaban en ellos crédulos ó predispuestos oyentes, lo mismo que los turcos se forman en la actualidad las ideas más falsas y exageradas acerca de la Europa. Los habitantes del desierto tenían buen cuidado de no destruir estos errores, que constituían toda su fuerza; al contrario, los confirmaban siempre que visitaban las ciudades: los únicos que conocían lo que había de verdad eran los mercaderes que habían atravesado el desierto; pero éstos eran muy pocos, sacaban grandes utilidades de estos viajes, y procuraban atemorizar á los que tuvieran deseos de imitarles. Así fué como se difundieron tales creencias.»

Los escritores árabes se han hecho eco de las mayores patrañas sobre todo cuanto concierne al desierto, patrañas á que han dado mayor pábulo los relatos de los viajeros europeos. El musulmán cree hacer una obra meritoria engañando al infiel y cerrándole la entrada del desierto. Cuantos han ido allí han despreciado esos ridículos temores, cuya exageración les han confirmado los mismos árabes.

El primero que nos ha dado noticias positivas sobre los fenómenos del desierto, y en particular sobre los vientos que allí reinan, ha sido Luis Burckhardt,

de Basilea, reduciendo además á su justo valor las narraciones fantásticas de Beauchamp, Bruce y Niebuhr, sus predecesores.

Burckhardt refiere que aquel viento del desierto le sorprendió entre Siut y Esné.

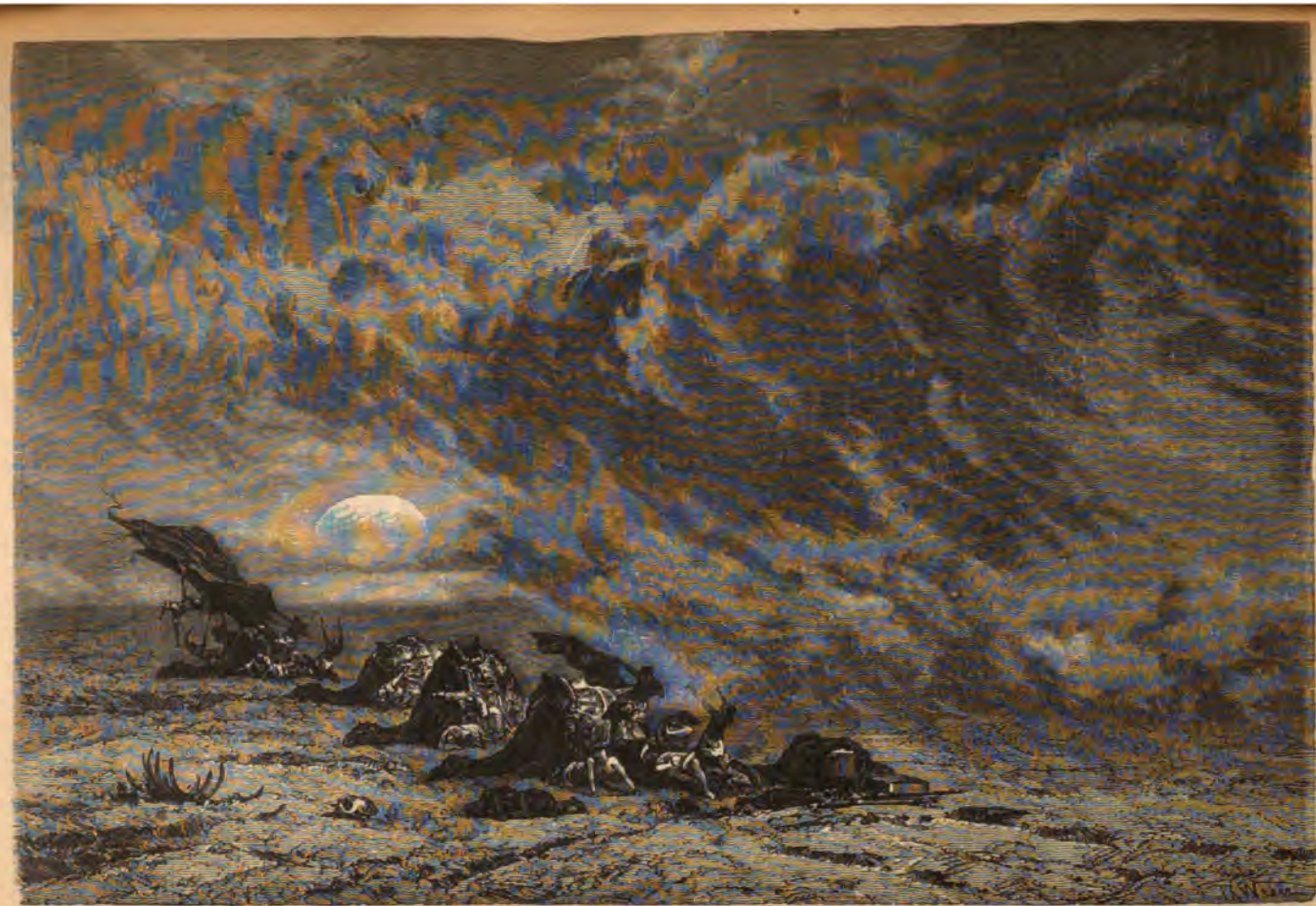
«Cuando empezó á levantarse, dice, me hallaba solo, montado en mi dromedario, lejos de todo árbol y de toda vivienda. Procuré resguardarme la cara, tapándomela con un pañuelo, y mientras tanto el dromedario, á quien el viento lanzaba arena á los ojos, empezó á inquietarse, y se puso á galopar haciéndome perder los estribos. Quedé tendido en el suelo sin menearme, porque no veía á diez metros de distancia, y me arrebujé en mis vestidos esperando que se aplacase el viento. Cuando cesó algún tanto, me puse á buscar mi dromedario, y le encontré á gran distancia, tumbado junto á un matorral que resguardaba su cabeza de la arena levantada por el viento.»

Sin ser mefíticos, puede haber indudablemente vientos animados de una velocidad formidable que arrastren consigo oleadas de arena, cuya temperatura llegue á 40° y más, y que puedan ejercer en su trayecto una acción maléfica, siendo funestos en especial para los europeos, que no están acostumbrados á preservarse de ellos.

Las tempestades son terribles en el desierto hacia la época del equinoccio. Todo el mundo ha oído hablar del viento abrasador del desierto, del *simún* (en árabe, *semoun*, emponzoñado; este espantoso viento sopla también en Egipto, donde se le llama jamsín (cincuenta) á causa de observársele por espacio de igual número de días, ó sea, veinticinco antes del equinoccio de primavera y otros tantos después. Se le designa asimismo con el nombre de Rih-el-Yobli, viento del Sur.

El simún se anuncia en el desierto por un punto negro que aparece en el horizonte, el cual va agrandándose rápidamente. Córrese por el cielo un velo amarillento, en tanto que espesas oleadas de arena obscurecen el Sol y agostan todas las plantas. Apenas empieza á soplar, huyen las aves atemorizadas; el dromedario busca un matorral donde preservar sus ojos, su boca y sus narices de las nubes de arena; el árabe se tapa la cara, se unta el cuerpo de grasa, de aceite ó de lodo húmedo, se tiende en el suelo, ó se acurruca junto á un árbol hasta que se apacigua la terrible borrasca. El simún es el enemigo más temible de las caravanas que atraviesan los desiertos arenosos de la Arabia y del Africa, atribuyéndosele la destrucción total de los 50.000 hombres que el insensato Cambises envió para reducir á la esclavitud á los Ammonitas, y entregar á las llamas el templo de Júpiter.

En 1805 el simún mató y sepultó en la arena toda una caravana compuesta de dos mil personas y mil ochocientos camellos. Más de una vez nuestros generales han experimentado serios temores por la suerte de las columnas de nuestros soldados, obligadas á penetrar en el desierto, y sorprendidas por el simún durante su marcha.



El simún

El polvo impalpable que el aire arrastra en espesos torbellinos se introduce por narices, ojos, boca y pulmones, produciendo la asfixia. Cuando las cosas no llegan á un término tan fatal, la evaporación rápida que tiene lugar en la superficie del cuerpo seca la piel, inflama la garganta, acelera la respiración y causa á los viajeros una sed ardiente. El soplo terrible del simún aspira á su paso la savia de los árboles, y hace desaparecer por efecto de una evaporación rápida el agua contenida en los odres de los conductores de camellos. La caravana es entonces víctima de todos los horrores de una inextinguible sed que enciende la sangre, habiendo perecido más de una por esta causa en las mismas soledades, y viéndose los caminos ordinariamente seguidos por ellas, sembrados de esqueetos de hombres y de animales blanqueados por el Sol; tristes columnas miliarias de aquellos siniestros senderos.

Arminio Vambery, ilustrado húngaro que recorrió el Asia central disfrazado de derviche, observó el huracán de arena y su terrible influencia en el organismo humano al atravesar el desierto entre Jiva y Bojara (longitud 60°, latitud 40°). Habiendo salido del país de los Turcomanos y del Oxus, su caravana penetró en los arenales.

«Nuestra estación matutina, dice, tenía el agradable nombre de Adamkyrylgan (tradúzcase: sitio donde perecen los hombres), bastando dirigir una mirada al horizonte para convencerse de que no en vano se le había dado este trágico apelativo. Figúrese el lector un océano de arenas que se extendía hasta perderse de vista, en uno de cuyos lados había levantado el furioso soplo de los huracanes elevadas colinas semejantes á olas, mientras el otro se asemejaba propiamente á la superficie de un lago apacible apenas rizado por la brisa del crepúsculo. Ni un pájaro en el aire; en la tierra, ni un animal vivo, ni un gusano, ni siquiera un grillo. En aquellos vastos espacios no aparecían más vestigios que los sembrados por la muerte; consisten en montones de huesos calcinados que cada viandante recoge y reune para servir de jalón á la marcha de los viajeros que puedan ir en pos de él. Al examinar nuestros odres, calculamos que apenas nos faltaría agua para más de un día, pero el líquido disminuyó con sorprendente rapidez. Este descubrimiento me hizo redoblar la vigilancia que ya ejercía sobre mis provisiones. Los demás viajeros, dándose por advertidos, hicieron lo mismo, y á pesar de nuestras inquietudes no podíamos menos de sonreirnos cuando veíamos á cualquiera de nosotros que, rendido por el sueño, se dormía abrazado cariñosamente á su odre. A pesar de un calor capaz de derretir todos los cuerpos, teníamos que hacer marchas de cinco y seis horas, tanto de día como de noche, pues comprendíamos que cuanto más pronto saliéramos de aquel arenal, menos deberíamos temer el desastroso influjo del *tebbad* (viento de fiebre) que podía sepultarnos entre el polvo si llegaba á sorprendernos en medio de aquellas dunas.

»Cuando ya nos acercábamos á las montañas, el Kervanbashi y sus gentes nos señalaron una nube de polvo que parecía venir de nuestro lado, advirtién-

donos que era preciso echar pie á tierra sin la menor demora. Nuestros pobres camellos, más expertos que nosotros, habían conocido ya la proximidad del tebbad, y después de emitir desesperados quejidos, cayeron de rodillas extendiendo el cuello por el suelo y procurando esconder la cabeza en la arena. Acabábamos de arrodillarnos junto á ellos, como si nos pusiéramos al amparo de una trinchera, cuando el viento pasó por encima de nosotros con sordo estremecimiento y nos dejó cubiertos de una capa de arena de dos dedos de espesor. Los primeros granos cuyo contacto sentí me produjeron el efecto de una lluvia de fuego. Si hubiéramos tenido que soportar el choque del tebbad seis millas más atrás, en la profundidad del desierto, habríamos perecido todos infalible mente. No tuve tiempo de observar esa predisposición á la fiebre y á los vómitos que, según se dice, produce el viento; pero cuando hubo pasado, la atmósfera se puso más densa y más abrumadora.

»Abstracción hecha del tebbad, la elevación de la temperatura diurna nos quitaba las fuerzas, y dos de nuestros pobres compañeros, arrastrándose como podían al lado de sus macilentas monturas, cayeron tan enfermos cuando hubieron agotado su agua, que fué preciso atarlos boca abajo sobre los camellos en vista de que no podían sostenerse en la silla.

»Mientras pudieron pronunciar una palabra, no oíamos salir de sus abrasados labios más que esta monótona exclamación: «¡Agua! ¡agua!, por piedad, por compasión, ¡dadme algunas gotas de agua!...» ¡Ah! Sus mejores amigos se negaban implacablemente á sacrificarles el más pequeño trago de este líquido que representaba la vida para nosotros; y cuando, al cuarto día, llegamos á Medernin-Bulag, la muerte libró á uno de aquellos desgraciados de las torturas de la sed. Yo presencié la agonía de aquel infeliz: tenía la lengua enteramente negra: la bóveda del paladar presentaba un color azul agrisado; sus labios estaban apergaminados, la boca abierta y los dientes descarnados. Es dudoso que al llegar á tal extremo se le hubiera podido salvar dándole de beber; pero lo cierto es que ninguno de nosotros se habría decidido á ello.

»Es una cosa horrible ver cómo un padre oculta á su hijo y un hermano á su hermano el agua con que cuenta; pero, lo repito, cuando cada gota representa una hora de vida, y cuando uno sufre todos los tormentos de la sed, las tendencias generosas, el espíritu de abnegación que se manifiestan frecuentemente en ocasiones tan críticas como esta, pierden toda influencia en el corazón del hombre.

»Pero es en vano que me esfuerce en dar la menor idea del martirio causado por la sed; creo firmemente que ni la misma muerte hace sufrir de un modo tan cruel. Jamás me han arredrado los mayores peligros; antes al contrario, los he arrostrado con ánimo sereno, sirviendo sólo para redoblar mi valor; pero entonces me sentí quebrantado, abatido, aniquilado, y creí haber llegado al término de mi existencia.»

Tomás William Atkinson fué testigo en 1850 de los huracanes que se desbordan en las estepas mogolas.

«Un silencio solemne, dice, reina en aquellas áridas llanuras, abandonadas por el hombre, lo mismo que por los cuadrúpedos y las aves. Se habla de la soledad de las selvas: á menudo he cabalgado bajo sus bóvedas sombrías por espacio de días enteros; pero allí se oían los suspiros de las brisas, el roce de las hojas, los crujidos de las ramas; algunas veces la caída de uno de los gigantes de la selva, que se derrumbaba por el peso de los años, despertaba lejanos ecos, hacía salir de sus guaridas á los asustados huéspedes del bosque y prorrumpir en gritos de alarma á las avecillas espantadas. Allí no reinaba la soledad: los árboles y las hojas tienen un lenguaje que el hombre conoce desde lejos; pero en aquellas desiertas y áridas estepas no se eleva el menor rumor que pueda romper el silencio mortal que se cierne perpetuamente sobre su suelo calcinado.

»Todo allí era arena que formaba montecillos circulares, algunos de los cuales tenían de quince á veinte pies de altura, habiéndolos de todos tamaños hasta perderse de vista: contemplados desde lo alto de uno de los más considerables, ofrecían el singular aspecto de una inmensa necrópolis, sembrada de innumerables túmulos.

»Mientras me ocupaba en diseñar aquel cuadro, fuí testigo de un huracán que se levantó sobre las aguas y que venía del Norte en nuestra dirección. Los cosacos fueron á poner los caballos al abrigo de los cañaverales. La tempestad llegaba con furioso ímpetu, lanzando enormes oleadas y haciendo que la vegetación se plegara á su paso. Veíase un largo surco blanco avanzar sobre el lago: cuando estuvo á una media versta percibimos sus rugidos. Mis gentes me daban prisa para que me alejara, y entonces recogí mis dibujos y demás objetos, y corrí á reunirme con el grueso de la caravana al abrigo de los cañaverales. Acababa apenas de llegar junto á aquel reducto movible, cuando estalló el huracán, encorvando hasta el suelo los matorrales y las cañas. Cuando llegó á los arenales de la estepa, empezó á describir vertiginosos torbellinos, elevando al espacio montículos enteros, y formando otros donde no los había; entonces se comprendía fácilmente en qué consistían aquellos supuestos túmulos. La tempestad fué de corta duración; al cuarto de hora había cesado, y todo volvió á su anterior calma y silencio.

»No hay nada tan peligroso como verse sorprendido en la llanura por aquella especie de tifón. Más adelante tuve ocasión de verle bajar de las montañas ó elevarse desde el fondo de una profunda garganta, en forma de negra masa, compacta, de mil metros y más de diámetro, lanzándose sobre la estepa con la rapidez de un caballo de carrera. Todos los animales, así los domésticos como los salvajes, huyen ante él; pues una vez envueltos en su esfera de acción, perecen irremisiblemente. Los admirables caballos libres escapan á todo galope ante la tormenta que los empuja furiosamente....»

En Europa se conoce el siroco de Italia y el solano de España, que comunican una gran laxitud á los habitantes de estos países á causa del calor enervante que llevan consigo.

He aquí en qué términos da cuenta de los efectos del siroco un cirujano del ejército de Africa, que tuvo ocasión de observarlo durante una marcha entre Orán y Tremecén: «Estábamos á fines de julio de 1846; había sucumbido un gran número de soldados, asfixiados por el calor. El siroco asaltó la pequeña columna. Bajo la influencia de este aire seco, pesado y enervante, la respiración se hizo agitada y sonora; los labios, las narices, agrietados por el polvo ardiente que lanzaba contra ellos el viento del desierto, se ponían secos y doloridos; una enérgica presión oprimía la garganta, y sobre el epigastrio pesaba una especie de desazón. Percibíanse en el rostro bocanadas de calor, seguidas á veces de vagos calofríos y un desfallecimiento muy parecido al síncope. Todo nuestro cuerpo estaba empapado en sudor, y el agua que bebíamos en abundancia, no sólo no apagaba la sed que nos devoraba, sino que contribuía á aumentar el malestar, la disnea y la ansiedad epigástrica. Cualquier movimiento era insoportable, y al mismo tiempo una agitación invencible nos obligaba á movernos en todos sentidos; nos ahogábamos debajo de las tiendas, y al aire libre nos sofocaban aquellas abrasadoras ráfagas..... Si hubiera llegado á faltar el agua, ni un solo hombre se habría salvado.»

Para la Inglaterra es un terrible azote el viento de Este, que lleva consigo el malestar y el esplín, de que nos reímos en Francia, pero cuyos efectos son tan serios en aquel país, como los del jamsín en Arabia y del siroco en Italia.

CAPITULO IV

LAS TEMPESTADES, LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y LAS VARIACIONES DEL TIEMPO

TORBELLINOS.—CICLONES.—HURACANES.—LOS CENTROS DE DEPRESIÓN Y SU MARCHA

Las dos grandes corrientes generales que hemos estudiado más arriba, una de ellas dirigida del ecuador á los polos, y la otra en sentido inverso, no siempre circulan sin chocarse, sobre todo en el punto de atracción donde se unen, esto es, en la zona ecuatorial. Existen á veces diferentes causas que contrabalancean la acción general y periódica de los rayos solares, oponiendo obstáculos á la marcha ordinaria de las mudanzas de aire. Por una parte, la diversidad de temperatura de los continentes y de los mares hace variar la dirección normal y la intensidad de las corrientes. El cielo de los trópicos, tanto si ha estado mucho tiempo nublado como mucho tiempo sereno, condensa el calor lo mismo que en un foco de absorción, ó bien lo disemina por vastas comarcas. Los relieves del terreno, las altas cadenas de montañas y su temperatura, las mesetas menos elevadas y los valles que se hallan á regular altura, dan lugar en unos puntos al estancamiento y al reposo de las masas de aire, en otros á su paso por diferentes pendientes, mientras que más allá ese mismo relieve obliga á las corrientes á saltar á derecha é izquierda, á arremolinarse como las aguas de un río, ó á lanzarse con furia por encima de los obstáculos que han excitado su cólera. Las ráfagas de aire que se encuentran pueden reunirse ó chocar entre sí, aumentar su ímpetu ó destruirlo. Así es como nacen los vientos fuertes, los huracanes, las tempestades.

Los vientos que soplan habitualmente en nuestros climas y en cada región de la Tierra son debidos, como hemos visto, á la circulación atmosférica producida por las diferencias de temperatura entre el ecuador y los polos, y á la rotación de la Tierra que divide las corrientes, hacia la derecha en el hemisferio boreal, hacia la izquierda en el austral. Pero la formación de los centros de depresión atmosférica y su marcha producen perturbaciones perpetuas en el régimen habitual y causan estas variaciones de tiempo que sería tan interesante poder analizar y prevenir.

Se admite generalmente que los huracanes, tempestades ó ciclones son pro-

ducidos por las corrientes atmosféricas contrarias, el encuentro de las cuales da origen á un movimiento giratorio del aire. En efecto, es muy probable que todos los pequeños torbellinos atmosféricos deban su origen y fuerza al choque de dos vientos opuestos. Pero no es posible que los violentos huracanes que se extienden por el aire teniendo más de 500 leguas de diámetro, que persisten durante diez días y que avanzan aumentando la energía de la zona tórrida hasta las altas latitudes septentrionales, dependan de esta sola fuerza inicial. Pues al mismo tiempo que algunas partes de la Atmósfera recibirían una impulsión bastante grande para originar un violento huracán, las resistencias debidas al rozamiento destruirían bien pronto todo movimiento y restablecerían pronto el equilibrio medio.

Además, en el caso de una simple impulsión primera, y admitiendo aún que no haya ningún roce, el movimiento no podría acelerarse, como se observa frecuentemente.

Para que se desarrolle una tempestad ó un ciclón, es necesaria la intervención de una fuerza constante. Cuando esta fuerza disminuye, obran las resistencias y renace la calma.

Esta fuerza constante es suministrada por la condensación del vapor de agua que, según la teoría del meteorologista Espy, se eleva en la corriente ascendente de las partes centrales del huracán. Según esta teoría, todas las tempestades son producidas por la ascensión de una columna de aire caliente saturado de humedad. Esta ascensión puede, por otra parte, tener por causa el encuentro de dos corrientes horizontales, originando un remolino circular y un enrarecimiento central bajo la influencia de la fuerza centrífuga. A medida que la corriente consigue las regiones más elevadas y más frías, el vapor de agua se condensa, y el calórico latente, puesto en libertad por esta condensación, alimenta el enrarecimiento y por consiguiente la misma corriente ascendente. Existen, pues, en la base de la región perturbada enérgicas corrientes convergentes que constituyen la tempestad, que duran tanto como la ascensión del aire saturado de vapor de agua y que varían de intensidad según sea más ó menos considerable la condensación en las regiones elevadas (1).

Todas las bajas capas atmosféricas de una región pueden estar en reposo aunque estén saturadas de vapor de agua; pero cuando por una causa cualquiera se produce una corriente ascendente, se desarrolla un ciclón más ó menos violento y persiste trasladándose con la región atmosférica en que tuvo origen. Las causas principales de la perturbación inicial son, ó el calor solar que crea un enrarecimiento local, ó el encuentro de dos corrientes.

La violencia y duración del huracán dependen de la cantidad de vapor suministrado por las corrientes inferiores y condensado en las altas regiones. Los huracanes de los trópicos que tienen origen en el Atlántico, hacia el mar de los

(1) Véase J. R. Plumandon, *Les mouvements généraux de l'Atmosphère*, París, 1887.

Caribes, no pierden su intensidad más que en las latitudes septentrionales, donde la atmósfera es fría y contiene poco vapor de agua.

Redfield, Reid, Piddington, Buys-Ballot, etc., han demostrado: 1.°, que los ciclones y aun las tempestades ordinarias tienen un movimiento giratorio alrededor de su centro; 2.°, que las vueltas son de derecha á izquierda (en sentido contrario del movimiento de las agujas de reloj) en el hemisferio boreal, y de izquierda á derecha en el austral.

Uno de los resultados capitales de estas observaciones consiste en haber comprobado que los huracanes no marchan en línea recta, sino que describen

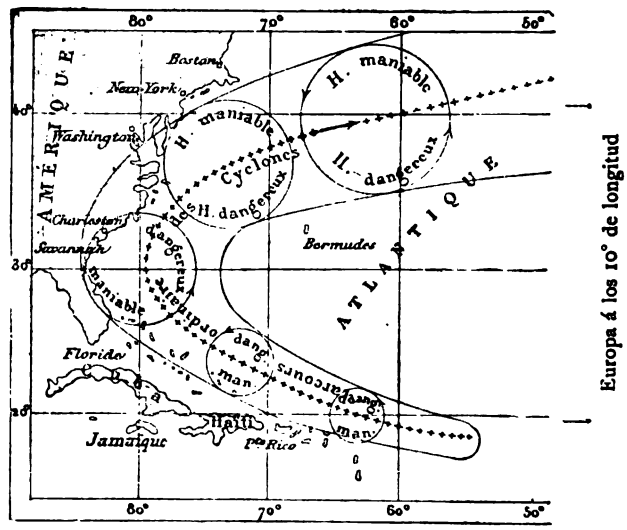


Fig. 47. – Trayecto ordinario de los ciclones en el Atlántico

una curva parabólica, girando al mismo tiempo horizontalmente sobre sí mismos con un rápido movimiento de rotación.

Este movimiento característico de rotación horizontal ha sido causa de que se dé á esos gigantescos torbellinos el nombre de *ciclones*, de la palabra griega *kuklos*, que quiere decir círculo. Los ciclones no son ya esas pequeñas tempestades locales que resultan de la desviación del viento á causa de la configuración del terreno ó del choque de diversas corrientes contrarias, sino verdaderos huracanes generales que se extienden á muchos centenares de leguas cuadradas, y recorren muchos millares de ellas.

Son vastos torbellinos de mayor ó menor diámetro, en los cuales la fuerza del viento va aumentando desde todos los puntos de la circunferencia al centro, donde reina una calma de extensión variable, por más que en dicho centro el mar esté furiosamente agitado. En este espacio de calma no existe nube alguna; el sol resplandece, salen los astros, y se cree con toda seguridad que ha

vuelto el buen tiempo, precisamente en los momentos en que se está rodeado de un inmenso círculo de tormentas y de terribles rachas que deben evitarse á todo trance.

En torno de esa calma central, el movimiento rotatorio tiene la misma energía, y esta energía llega al mayor extremo, no siendo en ninguna parte tan intensa como allí. Por consiguiente, cuando se llega á la expresada región central, se pasa de la tempestad más violenta á la más completa calma, y recíprocamente, cuando se sale del centro se pasa de la calma más completa á la más violenta tempestad; pero en este caso las rachas soplan en una dirección enteramente opuesta á las de las que han precedido á la calma, como así debe suceder, puesto que su movimiento es circular.

La primera zona central, que constituye verdaderamente el huracán, y durante el paso de la cual tienen lugar todos los desastres, mide por lo general de 100 á 120 leguas de diámetro, sean cualesquiera los límites extremos á que llegue el fenómeno, porque su energía no es proporcional á su extensión.

La velocidad de rotación que anima á los huracanes es muy variable; es la que constituye principalmente la violencia del torbellino, y la que lo convierte, con respecto á los lugares por donde pasa ó á los buques á quienes acomete, en un huracán, en un golpe de viento ó en una simple borrasca. Calcúlase que en las tempestades violentas, las moléculas de aire giran alrededor del centro con una velocidad de rotación de 60 leguas por hora, velocidad que explica los estragos que tan terrible meteoro ocasióna á su paso.

El ciclón nace por lo común entre los 5° y 10° de latitud. Tan luego como ha nacido se pone en movimiento con dirección á nuestro hemisferio, marchando hacia el Noroeste, y siguiendo el mismo camino hasta llegar á cierta latitud, desde la cual salta al Nordeste, formando así una parábola cuyas dos ramas se separan más ó menos entre sí.

Los buques que se encuentran cerca del centro se ven sometidos á su acción oscilante, resultando de aquí esas ráfagas terribles seguidas de una calma más ó menos completa, esas situaciones dramáticas en que la embarcación que se halla en inminente peligro ve cómo el viento da muchas veces y muy rápidamente la vuelta entera á la brújula.

Los saltos de vientos, repentinos y terribles, considerados en otro tiempo como la esencia de los huracanes, tifones, tornados, etc., no pueden presentarse, ni, en efecto, se ofrecen más que á aquellos que se encuentran directamente, ó poco menos, en el curso del centro de un ciclón.

El ciclón lleva en sí mismo el germen de su próxima destrucción; á medida que avanza corre hacia regiones más frías que las de su punto de partida; los vapores que contienen se condensan en lluvias torrenciales; despréndese la electricidad en intensas corrientes; se rompe el equilibrio que existía, y la fuerza centrífuga, no teniendo nada que la contrabalancee, permite al meteoro adquirir inmensas proporciones.

Entre los 5° y 10° de latitud y 45° y 60° de longitud, cuando el ciclón está muy cerca de su punto de origen, la velocidad de traslación es muy débil, y varía de 2 á 9 kilómetros por hora, aumentando á medida que la latitud aumenta y la longitud disminuye, es decir, á medida que el huracán avanza hacia el Oeste.

Desde los 35° á los 45° de latitud, y desde los 20° á 30° de longitud, la velocidad de traslación varía entre 10 y 20 kilómetros. En las latitudes más ele-

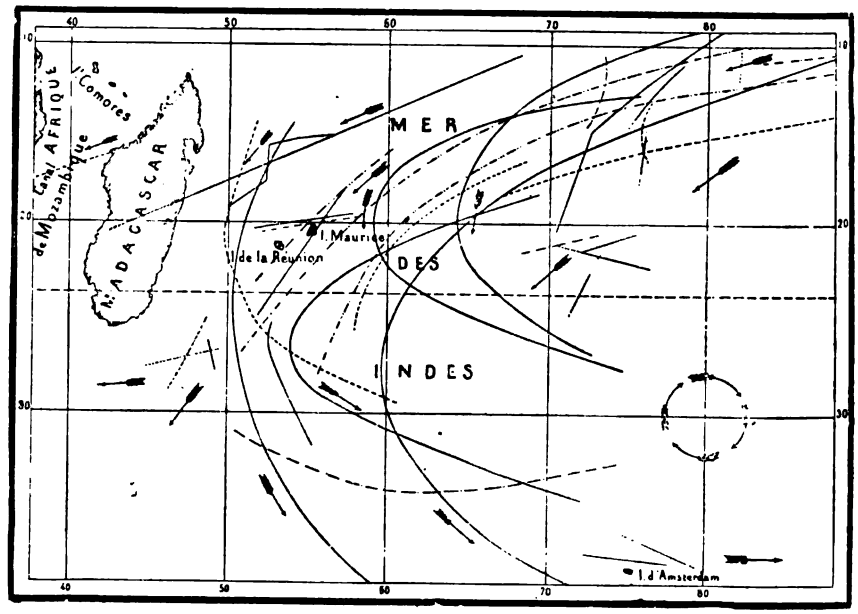


Fig. 48. – Trayectorias de los ciclones en el Océano Índico austral

vadas, dicha velocidad sigue aumentando, pudiendo llegar, según se ha observado, hasta 33 kilómetros por hora.

La velocidad de *traslación* más considerable que se ha observado es la del ciclón del mes de agosto de 1853, que llegó desde las Antillas hasta el banco de Terranova con una rapidez de 50 kilómetros por hora, rapidez que fué aumentando gradualmente hasta llegar á 60, 70, 80 y aun 90 kilómetros por hora, sin perjuicio de la velocidad de *rotación*, que se elevó hasta 240 kilómetros por hora. Es decir, que el viento puede adquirir en la superficie de los mares una velocidad de más de 300 kilómetros.

Débese el origen de los ciclones, según toda probabilidad y en vista de lo que resulta de las comparaciones hechas, al choque de dos corrientes de aire que circulan en sentido inverso. El punto de la línea en donde ambas corrientes se encuentran forma un punto neutro, y allí recibe el aire un movimiento de ro-

tación de las dos corrientes que chocan en dos direcciones encontradas; es una cosa análoga al remolino de un río.

Todos esos inmensos torbellinos nacen á uno y otro lado del ecuador, en los sitios y épocas del cambio de dirección de los vientos regulares. Mi ilustrado amigo, el astrónomo Poey, director del Observatorio de la Habana, ha formado un minucioso y prolijo resumen de los huracanes que han dejado sentir su funesto influjo en las Indias occidentales desde el año 1493 (descubrimiento de

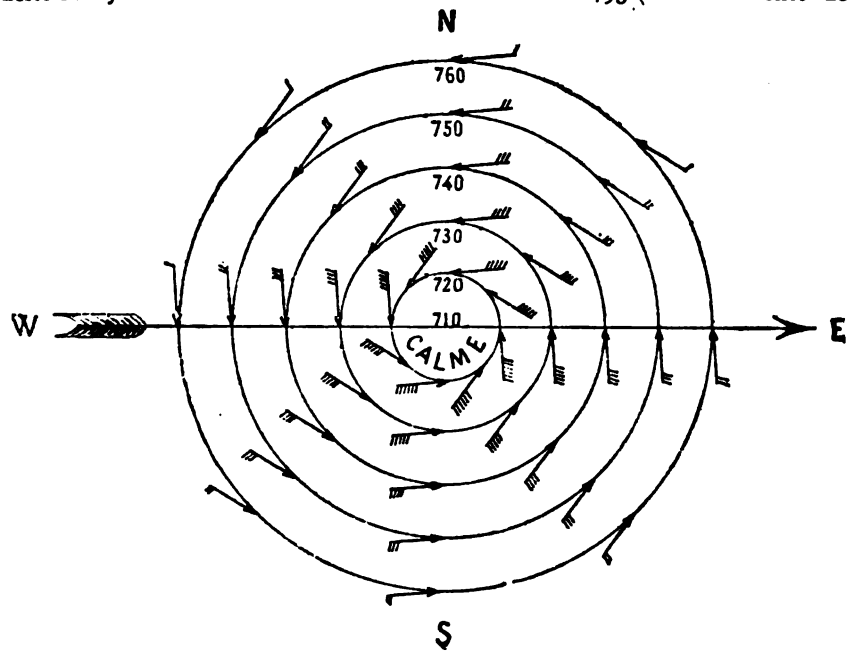


Fig. 49. – Dirección é intensidad de los vientos en el interior de un ciclón

la América) hasta nuestros días, deduciendo de él que, de 365 grandes ciclones, 245, ó sea más de las dos terceras partes, han ocurrido de agosto á octubre, es decir, durante los meses en que las costas de la América del Sur, fuertemente caldeadas, empiezan á llamar á sí el aire más frío y denso del continente septentrional. En el mar de las Indias son más numerosos los ciclones después del verano, cuando se verifica el cambio de los monzones. En la reseña de los huracanes del hemisferio meridional, hecha por Piddington y completada por Bridet, no se menciona un solo ciclón ocurrido en los meses de julio y agosto; más de las tres quintas partes de estos meteoros han tenido lugar durante el primer trimestre del año. En esta época del cambio de las estaciones es cuando las poderosas masas aéreas, cargadas de electricidad, luchan furiosamente por adquirir la supremacía, dando lugar su choque á esos grandes remolinos que se desarrollan en espirales á través de los mares y de los continentes. Sin embargo,

jamás ocupa el torbellino, en cuanto á su elevación, sino una pequeña parte del océano aéreo.

Según Bridet, la altura media de los huracanes en el mar de las Indias es de unos 3.000 metros; según Redfield, solamente llega á 1.800, y por lo común, la capa giratoria de aire es mucho menos grande.

La análisis de los ciclones se debe principalmente á Redfield. La situación de un observador en América es favorable en sumo grado para la solución de esta parte del problema, puesto que los huracanes que costean las playas de los Estados Unidos pasan en la parte tropical de su ruta por las islas de las Indias occidentales, donde su naturaleza extraordinaria les ha valido el nombre de «huracanes de las Indias occidentales.» En cuanto á los que se notan en la Europa central, vienen siempre del Atlántico y han pasado no lejos de los Estados Unidos. ¿Cómo se forman?

«Los huracanes de las Indias occidentales, dice Dove, nacen en el límite inferior de la zona de los vientos alisios; en vista de esto, es probable que la causa primera de los ciclones consista en que una parte de esta corriente superior penetre en la que se halla debajo de ella.

»Supongamos también que el aire que sube en Asia y en Africa se deslice lateralmente por las capas superiores de la Atmósfera, hipótesis confirmada por las arenas que caen en el Océano Atlántico Norte, y que se elevan á una altura muy grande, puesto que en el pico de Tenerife obscurecen algunas veces el Sol. Semejante corriente debe tener una tendencia á oponerse al libre paso de la contracorriente alisia superior, y obligarla á penetrar en la corriente inferior ó viento alisio directo. El punto donde tiene lugar esta intrusión debe avanzar con la misma velocidad que la corriente superior oblicua que la produce. La interposición de una corriente que va de E. á O. con otra que marcha de SO. á NE. debe originar indispensablemente un movimiento de rotación en una dirección contraria á la de la marcha de las saetas de un reloj. En virtud de esto, el ciclón que avanza desde el SO. hacia el NE. en el alisio inferior, representa el punto de contacto y de ruta de las otras dos corrientes, que avanzan por las capas superiores en direcciones perpendiculares entre sí. En dicho punto se halla el origen del movimiento de rotación, verificándose necesariamente la marcha posterior del ciclón con arreglo á los mismos principios. Considerado, pues, como el resultado del choque sucesivo de dos corrientes en diferentes puntos, puede entonces conservar su diámetro invariable por espacio de bastante tiempo, y aun disminuir en dimensiones, si bien lo más común será que aumente.

»Además, es evidente que si la explicación que acabamos de dar del origen del movimiento ciclónico es exacta, un ciclón que gire en la misma dirección puede ser engendrado por la interposición de un obstáculo mecánico en la marcha de una corriente que se dirija hacia elevadas latitudes, obstáculo que la obliga á tomar una dirección más meridional (la de un viento del S.) á su lado Este que á su lado Oeste, donde queda casi siempre Oeste. Tal es el caso que

se ha presentado, entre otros, en el huracán de la bahía de Bengala, los días 3, 4 y 5 de junio de 1839.»

El nombre de ciclón es, pues, en cierto modo, la substitución geométrica de la antigua palabra *huracán (hurricán* de las primitivas geografías), lo mismo que de los *tornados* que caracterizan las costas de Africa, y que el de los *tifones* (tifoong) de los mares de la China. Las grandes tempestades observadas en aquellos lugares son del mismo género que los ciclones del Atlántico. Dampier, el príncipe de los navegantes, describe la proximidad del tifón con esa exactitud que da tanto realce á todos sus trabajos. En el tomo II, pág. 26 de sus *Viajes* se lee lo siguiente:

«Los tifones son una clase particular de tempestades violentas que soplan en las costas de Tonkín y en las inmediatas durante los meses de julio, agosto y septiembre; estallan, por lo general, alrededor del plenilunio, y van comúnmente precedidas de un magnífico tiempo, de suaves brisas y de un cielo despejado. Estas débiles brisas son el alisio ordinario, que sopla del SO. en aquella estación, y salta luego al N. y casi al NE. Antes de empezar la tempestad, se forma al NE. un espeso nubarrón, muy negro cerca del horizonte, de un color cobrizo hacia su borde superior, y más claro á medida que se aproxima al borde exterior, que es de un blanco muy vivo. El aspecto de aquel nubarrón es por demás extraño y aterrador, formándose á veces unas doce horas antes de desencadenarse la tempestad. Cuando empieza á marchar rápidamente, estalla el viento casi en el mismo instante; aumenta su fuerza con suma presteza, y sopla con terrible violencia hacia el NE. por espacio de doce horas poco más ó menos. Va comúnmente acompañado de anchurosos y frecuentes relámpagos, de pavorosos truenos y de una lluvia muy espesa. Cuando el viento comienza á calmar, cae de repente, y sobreviene una calma chicha que dura cerca de una hora, después de la cual levántase el viento casi del SO., de donde sopla con igual furor y por espacio de tanto tiempo como del NE., lloviendo del mismo modo que antes.»

La trayectoria que debe seguir el centro divide al huracán en dos partes iguales, aunque muy diferentes entre sí. En la una, el movimiento de rotación y el de traslación se verifican en el mismo sentido; en la otra, por el contrario, la dirección de la traslación de los vientos y la del movimiento rotatorio son opuestas. Resulta de aquí que, á igual distancia del centro, ventea mucho más en el primer hemiciclo que el segundo, de donde procede el nombre de *hemiciclo peligroso* dado á uno, y *hemiciclo manejable* dado al otro.

En el hemisferio Norte, el ciclón gira de derecha á izquierda; es decir, que un observador colocado en el centro del torbellino verá pasar el viento de derecha á izquierda. El hemiciclo peligroso estará á la derecha de este observador si sigue la misma ruta que el centro del huracán, y el hemiciclo benigno ó manejable á la izquierda.

En el hemisferio Sur, al contrario, el huracán gira de derecha á izquierda; el

hemiciclo peligroso se halla á la izquierda y el manejable á la derecha de la línea que recorre el centro, llevando la misma ruta que el huracán.

La dirección del viento observada en un punto cualquiera del ciclón se aleja poco de la tangente tirada por este punto al círculo concéntrico en cuya circunferencia se encuentra el observador; siendo, por consiguiente, casi perpendicular al radio que va desde dicho punto al centro del círculo concéntrico ó del ciclón. Así, pues, el sentido de rotación indica que *si se da frente al viento, se tendrá forzosamente el centro á la derecha* en el hemisferio Norte y á la izquierda en el Sur, pero siempre en ángulo recto con la dirección del viento.

Sobre este último caso, hoy indiscutible en virtud de las numerosas observaciones reunidas, se han basado todas las teorías referentes á los medios de evitar el centro de un ciclón alejándose de la línea que debe recorrer. Cuanto más cerca se está del centro, más furioso es el viento y más fuertes y bruscas sus variaciones, así como también será el punto en que más agitado se halle el mar, porque recibe, con muy cortos intervalos, vientos diferentes y de extraordinaria violencia, y esto después de haber sufrido el embate de otros relativamente constantes que han tenido tiempo de engrosarlo y de darle una dirección que no es la del viento; resultando de aquí un verdadero *maremágnum* de oleadas cortas, desenfrenadas, enormes, furiosas, que proceden de todas direcciones y rinden la infortunada embarcación que les sirve de juguete.

Lo que hay que evitar, sobre todo, es el hallarse al paso del centro del ciclón, cosa bastante fácil.

Supongamos que el centro de un ciclón se dirige hacia un buque, en cuyo caso pasará indefectiblemente sobre él, ó á su derecha ó á su izquierda. Si debe pasar por encima, su dirección con relación al barco no cambiará; y en cuanto á la del viento, que es siempre perpendicular, tampoco cambiará, viendo el buque cómo aumenta la violencia de aquél sin mudar la dirección.

Si el centro debe pasar por la derecha de la embarcación, irá desviándose poco á poco hacia el mismo lado. Su dirección variará de izquierda á derecha, y la del viento, que está ligada á la primera, variará en el mismo sentido, ó sea de izquierda á derecha.

Lo contrario sucederá si el viento debe pasar por la izquierda del buque.

Luego si el viento aumenta sin cambiar de dirección, aquél se hallará en la línea que recorre el centro; si tuerce de izquierda á derecha, estará á la izquierda de dicha línea, y, por último, si pasa de derecha á izquierda, el buque se hallará á la derecha de la línea del centro.

En virtud de las leyes de los ciclones que acabamos de exponer, es evidente que la situación más crítica para una embarcación relativamente al huracán es la que le lleva al centro, y por consiguiente, todos los esfuerzos del capitán deben ir encaminados á alejarse de ella.

A este fin, basta seguir la siguiente regla, indicada por Bujis-Ballot:

Hay que colocarse en la dirección del viento reinante, de modo que se le

haga frente y se reciba de lleno en el rostro. En esta posición, y según las leyes del ciclón, el centro del huracán se halla siempre á la izquierda del observador, á 90 grados de la dirección del viento. Claro está que extendiendo el brazo izquierdo horizontalmente á la superficie del cuerpo y paralelamente á ella, se indicará en el acto la posición de este centro.

Este método práctico, que no admite ninguna excepción, es tan fácil de recordar y de ejecutar, que no puede tolerarse á un marino el ignorar dónde se halla el centro fatal *del que debe huir á toda costa.*

Para un capitán instruído, un huracán es un movimiento geométrico conocido. Sabe de antemano qué variación debe presentar el viento, cuál será la violencia de sus embates, y abriga la seguridad de no verse nunca irremisiblemente arrastrado hacia ese centro peligroso, causa perpetua de inevitables desastres.

Las primeras señales precursoras del ciclón se conocen en el estado del cielo.

Algunos días antes del huracán, en el momento de la salida y de la puesta del Sol, las nubes se coloran de un rojo anaranjado que se refleja en el mar, presentando esta coloración esos ortos y ocasos de Sol tan brillantes y magníficos, que causan un profundo sentimiento de admiración á los que no presienten la inminencia del peligro que se oculta tras un cuadro encantador.

Conforme va acercándose el ciclón, aquella tinta rojiza adquiere un color más pronunciado que tira al rojo cobrizo; extendiéndose luego una faja negruzca y densa sobre un cielo de siniestro aspecto. Las partes superiores de los cúmuli son también de rojo cobrizo, comunicando al mar y á todos los objetos que hay en la tierra un reflejo análogo que hace aparecer á la atmósfera como si estuviera iluminada con un brillo metálico.

Las aves marinas se reunen presurosas y se dirigen á tierra en busca de un abrigo contra los furores de la tempestad que presienten, esperando de este modo librarse de una muerte que no podrían evitar en alta mar.

Pero de todas las señales precursoras de la tempestad, la más segura y más fácil de interpretar es el movimiento del *barómetro.*

Como la presión del aire va en diminución desde la circunferencia al centro del torbellino, la proximidad del fenómeno se manifiesta siempre por un descenso en la temperatura. Este mismo síntoma caracteriza las tempestades de nuestras regiones templadas, las cuales no son, por decirlo así, más que los rastros de los ciclones oceánicos.

El barómetro empieza á bajar 12, 24 y 48 horas antes de la llegada del ciclón.

Por espacio de veinticuatro horas reina una calma monótona, acompañada de un aire cálido y sofocante; no parece sino que la naturaleza se dedica á reunir todas sus fuerzas para llevar á cabo la obra de devastación que dejará á su paso el funesto meteoro.

Sea cualquiera la marcha seguida por el huracán, se indica el punto más inmediato al centro tan luego como el barómetro empieza á descender. Vese en-

tonces, por espacio de dos ó tres horas, que dicho instrumento sube y baja cada media hora, sin tener un movimiento pronunciado.

Esta es una señal positiva de que no se halla lejos el centro, de que se ha arrostrado ya la mayor violencia, y de que las ráfagas irán disminuyendo progresivamente; y este indicio tranquilizador debe devolver la calma y la confianza á cuantos veían sus intereses tan seriamente amenazados.

El descenso barométrico total es tanto mayor cuanto más completo sea el enrarecimiento central, y éste, producido en gran parte por la fuerza centrífuga, crece en razón del aumento del movimiento rotatorio, en el cual consiste la violencia de las ráfagas. Así, pues, el barómetro baja á medida que la violencia del viento es más intensa; siendo los huracanes más desastrosos los que más variaciones producen en dicho instrumento.

El enrarecimiento de la atmósfera en el centro de los ciclones resalta de un modo muy notable en el pequeño cuadro siguiente, donde consta el descenso y la subida de la columna barométrica durante el huracán que pasó por la isla de Santhomas el 2 de agosto de 1837, y cuya calma central tuvo lugar á las ocho de la noche.

2 agosto 6h		de la mañana. . .	760mm		2 agosto 7h 50m	de la tarde. . . .	712mm
2		de la tarde. . . .	756		8 20	– . . .	712
3	20m	– . . .	753		8 22	– . . .	721
4	45	– . . .	749	Huracán del NO.	8 38	– . . .	726
5	45	– . . .	744		8 50	– . .	731
6	30	– . . .	740		9	– . . .	735
6	35	– . . .	734		9 25	– . . .	742
7		– . . .	731		9 50	– . . .	747
7	10	– . . .	726		11	– . . .	752
7	22	– . . .	718		3 agosto 2	de la mañana. . .	755
7	35	– . . .	714		9	– . . .	760

Huracán del SE. Calma chicha

Variación: ¡48 milímetros! A las ocho de la noche, barómetro ¡á 712!

Estas profundas perturbaciones del aire son quizás, después de las grandes erupciones volcánicas, los meteoros más terribles del planeta, y por lo tanto no es de extrañar, dice Eliseo Reclus en su magnífica obra sobre la *Tierra*, que en la mitología de los antiguos indios, Rudra, el jefe de los vientos y de las tempestades, haya acabado por convertirse en el dios de la destrucción y de la muerte, con el nombre de Siva.

La tempestad, que se hunde en el espacio y lo atraviesa huyendo, arrastra furiosamente en pos de sí desgarrados girones de nubes rojizas ó negras; la columna de mercurio se agita desatentada en el barómetro y baja rápidamente; las aves se reunen en círculo como para ponerse de acuerdo, y luego huyen con toda la fuerza de sus alas á fin de escapar del fenómeno que las persigue. Pronto aparece en la parte amenazadora del cielo una masa obscura, la cual aumenta, extiéndose poco á poco y cubre la azulada bóveda con un velo tenebroso y un reflejo sangriento. Es el ciclón que se precipita y toma posesión de su imperio retorciendo sus inmensas espirales; y á un silencio terrible suceden los mugidos del mar y de los cielos.

Eloysa de Santa Maria.

Al empezar los ciclones, elévase algunas veces un ruido extraño, sordo, que termina «con un gemido semejante al que produce el viento en las vetustas casas durante las noches de invierno.» (Piddington.) En Inglaterra se conoce con el nombre de «toque ó llamada de mar» un ruido análogo, que procede del Océano y anuncia las tempestades. Las ráfagas que desgarran los aires durante el ciclón despiden un rugido semejante á los rugidos de las fieras, un espantoso tumulto de innumerables voces y de gritos de horror. Al pasar por el centro, un formidable estrépito parecido á las descargas de artillería, el continuo estampido del trueno, la voz del huracán en fin, estalla y lo domina todo.

La marcha de los vientos tropieza con cierta resistencia en los continentes, á pesar de lo cual los fenómenos que ocurren en ellos no son menos terribles. Los edificios que se hallan al paso del meteoro caen arrancados de sus cimientos; detiénese el curso de los ríos, cuyas aguas refluyen hacia su origen; hiéndense los árboles aislados, levantando la tierra con sus raíces; las selvas se doblegan como si no formaran más que una sola masa, y entregan al furor de la tempestad sus ramas desgajadas y sus hojas desprendidas; hasta la hierba queda arrancada de raíz y barrida de la pradera. Por toda la anchurosa senda recorrida por el huracán vuelan innumerables restos semejantes á los destrozados objetos que arrebata una corriente fluvial ó marítima. Por lo común, la acción de la electricidad se agrega á la violencia del aire en movimiento para aumentar los estragos de la tempestad; los relámpagos son tan numerosos á veces, que parecen cascadas de fuego desprendiéndose del cielo; las nubes, las gotas de lluvia emiten vívidos fulgores, siendo tan fuerte la tensión eléctrica, que, según dice Reid, se han visto salir espontáneamente chispas del cuerpo de un negro.

En cierta ocasión quedó enteramente asolado un bosque de la isla de San Vicente, siendo lo más particular que no fué derribado un solo tronco. Una cosa análoga sucedió en Europa en el lago de Constanza, donde quedaron totalmente desnudos de su corteza muchísimos árboles, que se mantuvieron en pie á pesar de la tormenta.

En las costas de las islas y de los continentes, donde la tempestad, llegando con toda su fuerza inicial, no ha sido algún tanto contenida por los obstáculos del terreno, es donde son más violentos los efectos del meteoro. Allí también es donde resulta mayor número de víctimas humanas, puesto que las embarcaciones se reunen naturalmente en los puertos, habiendo en muchos puntos de las costas tierras bajas que las aguas pueden inundar en vastas extensiones, al rechazarlas bruscamente el huracán hacia ellas.

Desde Colón, primer europeo que ha contemplado los huracanes de las Antillas, hasta nuestros días, se han sepultado millares de buques durante las tempestades giratorias de los mares tropicales, ya en el fondo de los puertos y radas, ó ya en los mares que bañan las costas de América, de la China, del Indostán y de las islas del Océano Indico. Ha habido ciclón, como el de Calcuta en 1864, ó el de la Habana en 1846, que estrelló más de 150 buques de alto bor-

do en algunas horas; y otro cataclismo del mismo género, especialmente el que pasó por el delta del Ganges en octubre de 1737, ahogó más de veinte mil personas en las aguas desbordadas.

En medio del Océano, los peligros que corren los barcos son menores que

Fig. 50. – El dragón de los tifones, según un dibujo japonés

en las bahías mal cerradas de las costas; pero las sensaciones que experimentan los marinos deben de ser tanto más fuertes cuanto más aislados y perdidos en medio de la espantosa tempestad se encuentran. En torno suyo, el día es sombrío, más sombrío, puede decirse, que la misma noche, puesto que la escasa luz que aún queda sólo sirve para hacer visibles las tinieblas. Los vientos, que mugen y silban; las olas, que se estrellan unas contra otras; los mástiles, que se doblan y se rompen; los costados del buque que crujen, todas estas voces sin cuento se

mezclan y se confunden en un horrísono bramido, terrible, desesperado, que llega á sobreponerse al fragoroso estrépito del trueno. El mar no se despliega ya en oleadas anchurosas y potentes, sino que hierve á inmensos borbotones como una caldera enorme calentada por el fuego de volcanes submarinos. Las bajas nubes, que se arrastran por las aguas, despiden con frecuencia un fulgor que podría tomarse por el reflejo de algún infierno invisible; en el cenit aparece rodeado de tinieblas un espacio blanquecino que los marinos han llamado «el ojo de la tem-

Fig. 51. – El dios del trueno, según un dibujo japonés

pestad,» como si realmente vieran un dios feroz en el huracán que baja del cielo para estrujarlos y sacudirlos. No cabe la menor duda de que cuando los marineros aceptan la lucha contra los elementos en medio de tan horrible tormenta, y desafiando la muerte, procuran maniobrar para librar del furor de aquéllos su nave desamparada, sin velas y sin mástiles, dan un sublime ejemplo de lo que es capaz la grandeza humana.

Los japoneses, testigos diarios de estos cataclismos, han personificado en sus fantásticos símbolos ese genio de las tempestades, al que llaman el *dragón de los tifones*, representándolo, en medio de una lluvia negra y siniestra, como un monstruo aéreo que se precipitara de las nubes. Tan extraños dibujos, que ponen en escena las fuerzas profundas de la naturaleza, nos presentan el *dios del trueno* bajo la forma de un viejo horripilado golpeando sonoros tambores, y el *dios de los vientos* volando por los aires con un odre siempre hinchado en los hombros.

Para apreciar, aunque sólo sea en parte, estos formidables movimientos de la Atmósfera, no estará de más leer una descripción exacta de los ejemplos más memorables.

El ciclón más terrible de los tiempos modernos es sin duda alguna el del 10 de octubre de 1780, llamado por antonomasia el gran huracán, por haber resumido todos los horrores de estos tremendos trastornos de la naturaleza. Salió de as Barbadas, donde no quedaron en pie ni árboles ni casas, echó á pique una

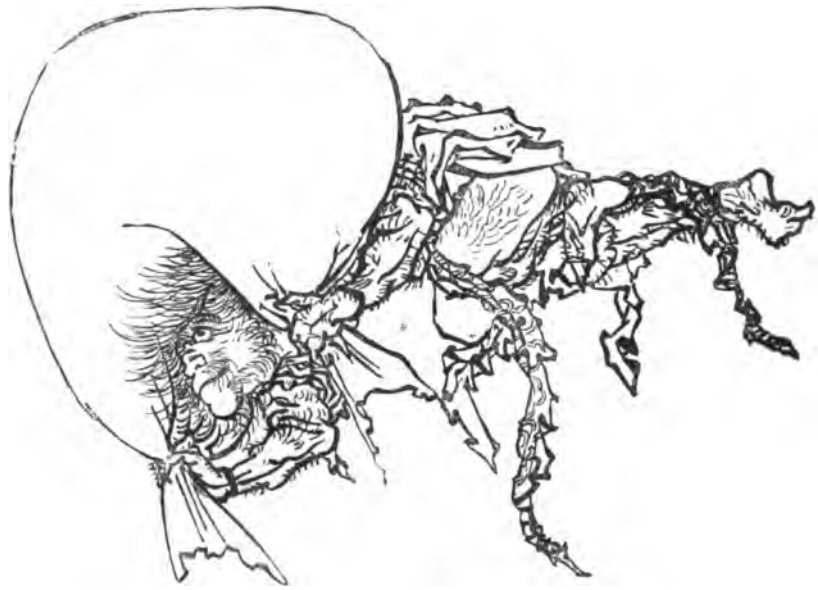


Fig. 52. - El dios de los vientos, según un dibujo japonés

escuadra inglesa anclada en el puerto de Santa Lucía, y asoló después completamente esta isla, donde perecieron seis mil personas aplastadas bajo las ruinas y escombros. El torbellino pasó después á la Martinica, arrolló un convoy de transportes franceses, y sepultó en las olas más de cuarenta buques que conducían cuatro mil soldados. Las embarcaciones que formaban el convoy *desaparecieron*, según la lacónica frase de que se valió el gobernador de la Martinica en su comunicación al gobierno de la metrópoli. El huracán siguió al Norte, devastando asimismo la Dominica, San Eustaquio, San Vicente y Puerto-Rico, y la mayor parte de los barcos que se hallaron al paso del ciclón zozobraron con sus tripulaciones. Más allá de Puerto-Rico, la tempestad se desvió hacia el Nordeste, y aunque se fué debilitando gradualmente su violencia, no dejó de echar á pique muchos buques ingleses que regresaban á Europa. En tierra no fué menor la rabia destructora del huracán. Nueve mil personas perecieron en la Martinica, y mil en San Pedro solamente, donde no quedó una sola casa en pie, porque el

mar se elevó á la altura de $7^m,5$, habiendo desaparecido ciento cincuenta casas instantáneamente á lo largo de la playa.

El viento derribó en Puerto Real la catedral, siete iglesias y 1.400 casas, quedando sepultados bajo las ruinas del hospital 1.600 enfermos. En San Eustaquio, siete buques se estrellaron contra las rocas, y de los diez y nueve que cortaron sus amarras y pudieron hacerse mar adentro, uno solo volvió al puerto. En Santa Lucía murieron seis mil personas; los edificios más sólidos fueron arrancados de cuajo por la violencia del huracán; un cañón fué á parar á más de 30 metros de distancia, y así los hombres como los animales se vieron arrebatados por el aire y arrojados á largas distancias. El mar subió á tal altura, que demolió el fuerte y arrojó un buque contra el hospital, que cedió á tan enorme peso. De las 600 casas que había en Kingstown, en la isla de San Vicente, solamente quedaron en pie ¡catorce! La fragata francesa *Juno* se perdió.

En las islas de Sotavento, las personas que vivían en el palacio del gobernador buscaron un refugio en el centro de los edificios durante lo más fuerte de la tempestad, pensando que el espesor de los muros (cerca de un metro) y su forma circular les preservaría del furor del viento; á las once y media tuvieron que refugiarse en los sótanos, porque el huracán, abriéndose paso por doquiera, había arrancado casi todos los techos; mas como el agua subió á más de un metro de altura, viéronse precisadas á salvarse en las baterías, donde cada cual buscó un abrigo debajo de los cañones, siendo algunos de éstos lanzados de un lado á otro de la batería por el ímpetu del viento. El huracán era tan sumamente fuerte que, secundado por el mar, envió un cañón de á 12 á 126 metros de distancia (probablemente sobre su cureña, que tendría ruedas). Al aire libre, el campo ofrecía el mismo aspecto que en invierno, pues no quedó una rama ni una hoja en los árboles. La cólera de los hombres se disipa en presencia de una lucha de los elementos tan tremenda. Cuando el *Laurel* y la *Andrómeda* se perdieron en la Martinica, el marqués de Bouillé dió libertad á los veinticinco marinos ingleses que sobrevivieron al naufragio, diciendo por escrito al gobernador inglés de Santa Lucía que no quería retener en calidad de prisioneros á unos hombres que habían caído en sus manos durante una catástrofe que á todos alcanzaba. (Dove.)

Uno de los más curiosos ejemplos de estas convulsiones atmosféricas lo tenemos en el ciclón de las Indias del 10 de agosto de 1831, descrito con expresivas frases por el mayor general Reid en su *Meteorología americana.*

Un caballero, que habitaba en San Vicente hacía cuarenta años, montó á caballo al rayar el día, y hallábase á cosa de una milla de su morada, cuando divisó en el Norte una nube de tan amenazador aspecto, que durante su larga permanencia en los trópicos no había visto nunca una cosa tan alarmante; aquella nube le pareció de un color gris aceitunado. Presintiendo una furiosa tempestad, se apresuró á regresar á su domicilio y á atrancar las puertas y ventanas, á cuya precaución atribuyó la salvación de su casa.

A eso de la media noche empezaron á rasgar el cielo millares de relámpagos de majestuoso á la par que terrible fulgor, y sopló el viento Norte y Nordeste con desusada fuerza; á la una de la madrugada aumentó la furia de éste, y la tempestad, que hasta entonces había soplado del Nordeste, saltó repentinamente al Noroeste y á los rumbos intermedios. Desde aquel momento, viéronse las regiones superiores constantemente iluminadas por incesantes relámpagos que formaban como un vasto manto de fuego, pero cuyo brillo quedaba á menudo ofuscado por el de las descargas eléctricas que estallaban por todas partes.

En los momentos en que se daban alguna tregua los relámpagos, una densa obscuridad envolvía la población, inspirando un terror indescriptible. Poco después, empezaron á desprenderse del cielo meteoros ígneos, uno de los cuales, descendiendo perpendicularmente desde una prodigiosa altura, llamó sobre manera la atención; era de forma circular y de color rojo obscuro. Este meteoro se precipitaba sin duda cediendo á su propio peso, sin recibir el impulso de ninguna fuerza extraña. Al acercarse al suelo, aquel globo inflamado tomó una forma prolongada y de deslumbradora blancura, y estalló esparciendo sus fragmentos en todas direcciones como lo habría hecho un metal en fusión.

Algunos instantes después de la aparición de este fenómeno, el ruido atronador del viento se convirtió en un *murmullo solemne*, ó mejor dicho, en un mugido lejano; y los relámpagos, que desde la media noche no habían cesado casi de trazar sinuosos surcos en el cielo, se sucedieron con una espantosa actividad durante medio minuto entre las nubes y el suelo. La vasta masa de compactos nubarrones parecía tocar las casas, y vomitaba hacia la tierra voluminosas llamaradas que ésta despedía en seguida al espacio.

Cuando cesó esta singular alternativa de relámpagos, estalló de nuevo el huracán por la parte del Oeste con una violencia prodigiosa é indecible, lanzando en todas direcciones millares de proyectiles, fragmentos de todos los edificios que no se hallaban al abrigo de su impetuosa saña. Durante el paso del huracán retembló el suelo, y las casas más sólidas se agrietaron hasta sus cimientos. A pesar de todo esto, no se oyó ni un solo trueno durante las diferentes fases de la tempestad. El mugido del viento, los bramidos del Océano, cuyas encrespadas y gigantescas olas amenazaban devorar todo cuanto hubieran respetado los demás elementos, el ruido de las tejas que chocaban entre sí, el de los techos y paredes que se derrumbaban, etc., etc., formaban el estruendo más espantoso que se pueda imaginar.

A eso de las cinco, el furor del huracán se mitigó por intervalos, y durante algunos breves momentos percibióse con claridad la caída de los materiales que la *cola* de la tempestad había lanzado probablemente á una altura extraordinaria..... A las seis el viento era S.; á las siete, SE.; y á las ocho, ESE. A las nueve todo quedó en calma.

A cualquier lado que se dirigiera la vista desde lo alto de la catedral, no se

veían más que ruinas y desolación. Toda la superficie del país estaba arrasada; no se percibía el menor vestigio de vegetación, como no fuesen algunos montoncillos de hierba amarillenta esparcidos acá y acullá. El terreno estaba enrojecido y abrasado como si un rastro de fuego hubiese pasado por todo el país y consumido todos sus productos. Los escasos árboles que aún quedaban en pie, despojados de sus ramas y de sus hojas, tenían el aspecto triste y melancólico del invierno, y las numerosas quintas de las inmediaciones de Bridgetown, poco antes rodeadas de vergeles, estaban enteramente arruinadas y sin asomo de vegetación.

En todos los puntos de la isla cayó una lluvia de agua salada. Los peces de agua dulce murieron en sus estanques, y el agua de los viveros continuó siendo salobre muchos días después del huracán.

Según lo atestigua la mayor parte de las relaciones, la cantidad de electricidad desarrollada por los grandes huracanes es verdaderamente notable. Los relámpagos no son simples fulgores de efímera duración, sino llamas que pasan rápidamente por la superficie de la tierra ó se elevan hasta las regiones superiores.

La fragata francesa *Juno*, que salió de Francia para una misión en los mares de la India y de la China, atravesó el 1.º de mayo de 1868 un ciclón que estuvo á punto de serle funesto.

A pesar de todos los esfuerzos empleados para alejarse del centro, conforme á las señales barométricas indicadas anteriormente, no fué posible cortar á tiempo su trayectoria, y alcanzóle la furiosa tormenta, que inundó la cubierta y apagó los hornos.

Las olas se elevaban como verdaderas montañas que se derrumbaban pesadamente sobre el buque. Habíanse llevado ya la obra muerta, y los botes suspendidos á popa y en las bandas: una enorme áncora, desprendida de las cadenas que la sujetaban, había hundido al caer un tablón de proa, produciendo una ancha vía de agua que con dificultad pudo taparse amontonando en la abertura las hamacas de los marineros. A los redoblados golpes de mar uníase una lluvia torrencial, viéndose obligados los navegantes á luchar contra la invasión de las olas más bien que contra el furor del viento. La tripulación entera, distribuida entre las bombas y las cadenas de baldes, trabajaba con una admirable confianza y una sangre fría llena de emulación.

Hacía ya siete horas que duraba la tormenta, escribe un oficial, redoblando cada paso en violencia y estrépito...., cuando de repente reinó un silencio absoluto, silencio que sólo puedo comparar al que sucede á la explosión de una mina en un reducto tomado por asalto. Era la calma central, calma súbita y rara, que produce una impresión de asombro más bien que de seguridad: ¡tan ajena á toda ley natural parece! El movimiento del torbellino continuaba en la parte superior de la columna de aire cuya base ocupábamos. Por todas partes caían aves, peces, insectos y objetos informes, y el estado eléctrico de la atmós-

fera producía una sensación vertiginosa sin ejemplo en nuestros recuerdos, que se manifestaba por una extraordinaria exaltación en algunos hombres de carácter generalmente apacible.

Numerosas aves habían quedado aprisionadas en aquel antro aéreo, y entre ellas muchas del orden de las zancudas, lo cual indicaba que el ciclón había pasado por las islas, como lo confirmaba también la presencia de los insectos y de restos de plantas. Algunos de los peces voladores que caían en el puente estaban todavía vivos; otros, muertos hacía algún tiempo, despedían ya mal olor.

Se aprovechó la calma central para echar botes al mar, sacar el agua del buque, desenredar las velas, acondicionar un timón provisional y esperar con confianza la segunda fase de la tempestad.

Después de cinco horas de calma, se dejaron sentir hacia el mediodía las primeras ráfagas de viento, y algunos momentos después recobró el huracán toda su fuerza, sacudiendo de nuevo la embarcación. Las rachas venían entonces del Norte; pero ninguna de las velas que se habían habilitado pudieron resistirlas. Era imposible, por consiguiente, maniobrar para alejarse del ciclón; lo único que pudo hacerse fué el cambio de amuras, prescrito por la teoría, para tomar el viento por babor, quedándose el barco reducido á someterse á los rigores del huracán, que no se alejó hasta dos días después por efecto de su lento movimiento de rotación.

Las últimas tempestades memorables son las que se desencadenaron el 27 de marzo y el 3 de febrero, ocasionando el naufragio de la corbeta *Lérida* de Nantes, que zozobró en el Havre procedente de Haiti, y cuya triste suerte figura en los anales marítimos como uno de los episodios más conmovedores de nuestras costas.

El 2 de marzo, á las diez de la mañana y con una mar furiosa, dicha corbeta, cuyos movimientos se observaban hacía dos días, llegaba cerca de la escollera, en ocasión en que una corriente terrible, cuya potencia decuplicaba el viento NO., producía una barra infranqueable.

En breve sufrió los primeros embates de dicha corriente, que dos horas después habría quedado casi sin efecto. Hasta entonces había podido navegar viento en popa, pero tuvo que virar de bordo, y esta maniobra, disminuyendo su velocidad, le entregó casi sin defensa á los elementos desencadenados.

Todos los espectadores, la mayor parte de los cuales eran expertos marinos, sintieron una angustiosa ansiedad: habían comprendido que desde aquel momento la salvación de la *Lérida* estaba gravemente comprometida. Su capitán intentó una maniobra desesperada: quiso virar en redondo con objeto de ganar el alta mar, ó por lo menos entrar en la bahía del Sena; pero esta maniobra, intentada demasiado tarde, no tuvo éxito. Sólo quedaba un recurso: echáronse al mar las dos áncoras; pero no agarraron á tiempo!

Por un momento pudo creerse que no se había perdido todo; las áncoras

NAUFRAGIO DE LA FRAGATA «LÉRIDA» EN EL HAVRE EN 1869

habían prendido, pero sus impotentes cadenas se rompieron á impulsos de las montañas líquidas que iban á estrellarse sin cesar contra el cabrestante. ¡Todo estaba perdido!

En menos tiempo del que se necesita para describirlo, la *Lérida*, convertida en juguete de las olas, daba de lleno en el ángulo de un bastión donde se hicieron pedazos el botalón, el bauprés y la roda.

Ya no se trataba de la salvación del buque, y en cuanto á la de la tripulación era problemática. Multitud de personas salieron corriendo de la escollera, y veinte embarcaciones transportaron al otro lado del puerto numerosos ciudadanos llenos de abnegación y decididos á intentarlo todo para salvar á los náufragos. Por fortuna, el buque estaba bastante cerca de tierra para poder echar cabos que sirvieran de puente á los tripulantes. Los prácticos del puerto, los aduaneros de servicio y otras muchas personas animosas tuvieron la suerte de arrebatar de este modo á la voracidad de las olas á casi todos los apurados marinos.

No habría habido ninguna desgracia que lamentar si dos hombres, sobrecogidos de un espanto que justifica la perspectiva de semejante peligro, no se hubieran precipitado á la vez sobre un cabo muy delgado para poder sostener á ambos. Se les iba conduciendo á tierra, cuando un golpe de resaca ocasionó la rotura de la cuerda á que estaban asidos.

Vióseles sobrenadar algunos momentos entre los restos que arrebataban las olas; y luego, ¡nada!

Después de este lamentable episodio, el capitán, que se había quedado el último á bordo, pudo alcanzar una sondalesa, merced á la cual llegó sano y salvo á tierra. Al poco rato desapareció el buque, despedazado por las olas.

El ciclón del *Amazonas* (10 de octubre de 1871), llegado al Atlántico por 26°15′ de latitud Norte y 68°10′ de longitud Oeste, y en el cual el barómetro descendió á 698 milímetros, los naufragios de los navíos ingleses *Luisa* y *La Florida* (febrero de 1872), el huracán de Zanzíbar (15 de abril de 1872), la pérdida del *Northfleet* (12 de noviembre de 1872), el naufragio de la *Villa del Havre* (29 de noviembre de 1873) están inscritos en los anales meteorológicos y marítimos como otros tantos ejemplos de tempestades formidables.

Los ciclones de la India son también de los más desastrosos. No se ha perdido el recuerdo del que asoló la Bengala en 1876, causando incalculables desastres. He aquí una sucinta reseña, según la descripción consignada en un despacho oficial:

«El ciclón del 31 de octubre de 1876 tuvo origen en la bahía de Bengala y hundió grandes navíos á su paso, dirigiéndose hacia el Norte. Perdonó á Calcuta, pero maltrató á Chittagang, villa situada en el ángulo Nordeste de la bahía; arrojó á la costa todos los navíos abrigados en el puerto y poco faltó para destruir la misma villa. El encrespado mar inundó las grandes islas de Hattials, Sundeys y Dakhin, situadas en una de las bocas del Ganges, recubrió algunas islas menos considerables é invadió la tierra firme en un espacio de 8 á 10 kiló-

metros. Esas inmensas olas rodaban con una rapidez sorprendente. A las once, en la noche del 31 de octubre, los despachos recibidos en Calcuta no anunciaban aún el daño real; á media noche, todas las tierras citadas estaban recubiertas de 6 metros de agua.

»El ciclón ha devastado completamente aquel distrito. El silencio de la muerte reina en toda aquella región. Sorprendida por la invasión de las olas, la población se refugió sobre los árboles más elevados. Los que pudieron encontrar un asilo allí debieron compartirlo con las fieras, los pájaros y las serpientes. Millares de casas fueron demolidas por las furiosas olas; los únicos restos de las viviendas humanas encontradas después del desastre habían sido arrojados sobre la playa de Chittazong, á 16 kilómetros de distancia. La gaceta del Gobierno de Calcuta asegura que por allí donde pasaron las olas desaparecieron dos tercios de la población. Las relaciones oficiales evalúan en más de *doscientas cincuenta mil* el número de víctimas de las tres inundaciones sucesivas que sumergieron más de 7.500 kilómetros cuadrados.»

Este ciclón de 1876 es uno de los más terribles de que se guarda recuerdo en Bengala. A los precedentes ejemplos podríamos añadir otros más recientes, tales como el ciclón del 3 de junio de 1885 en el golfo de Aden, que causó la pérdida del navío francés *Renard*, de la corbeta alemana *Augusta*, del barco turco *Fetul-Bahri*, de los vapores ingleses *Speke Hall* y *Seraglio*, y de un gran número de otros varios (se tiene una lista de cuatrocientas veintisiete víctimas, pero hay probablemente el doble). Estas relaciones no añadirían nada á las descripciones típicas que acabamos de dar.

Añadamos, para terminar, que en la zona tórrida y en todos los climas de alta temperatura los huracanes son frecuentes y se desarrollan con una violencia prodigiosa; en nuestros climas templados son más raros á la vez que menos violentos, y en las regiones polares las grandes sacudidas atmosféricas, que son, por otra parte, bastante habituales, se reducen á vientos de tempestad ó solamente á vientos muy fuertes. Estos violentos movimientos atmosféricos causan considerables pérdidas todos los años en la vasta extensión de los mares. La estadística de la oficina *Veritas* demuestra que por término medio naufragan cerca de mil seiscientos barcos de vela y ciento treinta de vapor *¡cada año!*

Podemos observar en nuestros climas y en nuestros continentes la marcha y los efectos de estos grandes movimientos en torbellino de la Atmósfera. Ellos son los que producen nuestras perturbaciones atmosféricas y las perpetuas variaciones del barómetro, según que pasen más ó menos lejos de nosotros, según que sean más ó menos intensas y más ó menos extensas. La misma previsión racional del tiempo está fundada en su examen, como lo veremos en el capítulo especial que consagraremos á este objeto, y las instituciones meteorológicas de los diferentes Estados tienen por principal objeto establecer cada día el mapa del tiempo, que no es casi otra cosa que el mapa de la presión atmosférica y de sus consecuencias.

Demos cuenta, á este propósito, de las últimas tempestades observadas en Francia y recibamos de ellas las enseñanzas que puedan darnos.

Durante el año 1886, por ejemplo, tuvimos dos muy importantes, las del 16 de octubre y del 8 de diciembre.

En el Observatorio del parque Saint-Maur, el barómetro descendió el 16 de octubre á $727^{mm},4$. Siendo la altitud de este observatorio de 49 metros, es necesario añadir por término medio $4^{mm},5$ para reducir la altura barométrica á lo que sería al nivel del mar. El barómetro del Observatorio de París está á 67 metros: es preciso añadir 6 milímetros (véase el Apéndice).

La más grande depresión barométrica que se ha notado en el Observatorio de París es la del 24 de diciembre de 1821, á las once y quince minutos de la noche: llegó á $713^{mm},2$; lo que equivale á $719^{mm},2$ al nivel del mar. Al día siguiente, en Boulogne-sur-Mer, descendió á $710^{mm},4$ al nivel del mar, 9 milímetros más bajo que París, con todo y lo que tenía de desusada y de verdaderamente extraordinaria la depresión observada en París. En Islandia se vió, en 1824, descender el barómetro á 692 milímetros al nivel del mar. En la región de París, el barómetro, reducido al nivel del mar, no ha descendido más que siete veces después de un siglo por debajo de 730 milímetros.

Consideremos ahora la tempestad del 16 de octubre.

Hemos podido seguirla, por decirlo así, paso á paso, á partir de su llegada á las costas de Irlanda hasta su extinción en el Norte de Alemania. Venía del Atlántico como todas las grandes borrascas. El 15 de octubre por la mañana se veía á las curvas de presión barométrica girar regularmente alrededor de un centro de depresión considerable, siendo de 727 milímetros la presión en este centro, vecino de Valentia, elevándose luego á 735 milímetros en el mar de Irlanda, á 740 en Inglaterra, á 745 en la Mancha, á 750 en el centro de Francia y Bélgica, á 755 en Clermont, Berna, Berlín, á 760 en Burdeos, Perpiñán, etc.

Este centro de depresión, este ciclón avanza lentamente del Noroeste al Sudeste. Al día siguiente, el mínimo barométrico llegó al Norte de Londres, guardando á poca diferencia la misma figura que la víspera las curvas que lo rodean. Al día siguiente, 17, este foco de la tempestad pasa al Nordeste de París, después de haber revuelto todas nuestras costas, de Brest á Cherburgo, al Havre y á Dunkerque. El 18 empieza á restablecerse el equilibrio, habiendo llegado la depresión á Holanda y Alemania, elevándose ligeramente hacia el Norte y nivelándose lentamente en el mismo sitio.

Es excesivamente raro que la presión atmosférica descienda tanto en nuestras regiones, á no ser que haya violentas tempestades. Las curvas barométricas registradas en las regiones vecinas ofrecen un paralelismo de movimientos muy notable: las del Observatorio de París y del parque Saint-Maur corresponden á 731 milímetros, al nivel del mar.

El huracán soplaba con rabia, lanzando furiosamente ráfagas de lluvia con gran violencia. Parece extraño que los árboles elevados, las chimeneas, los mis-

LA TEMPESTAD

mos tejados pudieran resistir un ataque tal de todos los elementos conjurados, bajo un viento de 25 á 30 metros por segundo, ejerciendo la espantosa presión de cerca de 100 kilogramos por metro cuadrado.

En todos los diarios pudo leerse la relación de las catástrofes causadas en nuestras costas por la tempestad y los estragos ocasionados por la violencia del mar en los trabajos de protección de las playas, especialmente en el Havre, donde fueron considerables. En el mismo Mediterráneo se sintieron los efectos de este inmenso movimiento giratorio del aire.

La tempestad del 8 de diciembre de 1886, aún más que la del 16 de octubre, quedará inscrita en los anales de la ciencia como la más curiosa y la más violenta de todas las que han sido observadas después de la organización de los servicios meteorológicos. El barómetro descendió hasta la extraordinaria cifra de 696 milímetros al Norte de Liverpool, cerca de Stonyhurst.

En torno de esta depresión central se ve la presión atmosférica elevarse gradualmente, en zonas concéntricas, á 700, 705, 710, 715, 720, 725 milímetros del mercurio barométrico en el conjunto de las islas Británicas, quedando estacionado el centro de depresión al Norte de Irlanda durante más de veinticuatro horas. El día 8, por la mañana, la curva de 730 y la de 735 seguía la Mancha de Cherburgo al mar del Norte, y el 9 por la mañana todas estas curvas barométricas apenas estaban cambiadas. Durante veinticuatro horas la tempestad giró sobre el mismo lugar, sondeando siempre su torbellino central y soplando con una violencia inaudita.

En el Observatorio de París, el barómetro descendió á $727^{mm},5$; desde el día 8 al mediodía hasta el día siguiente á las dos de la tarde, no varió, por decirlo así, habiendo llegado al mínimo hacia las 8 de la tarde y quedando el nivel por debajo de 730 durante estas veintiséis horas. En el Observatorio del parque de Saint-Maur descendió á $729^{mm},4$ á la misma hora y quedó bajo de 731 desde el día 8 al mediodía hasta el día 9 á las dos; después subió lentamente.

Anunciada esta tempestad por los Estados Unidos, llegó el día 7 del Atlántico al Oeste de Irlanda, y tenía el día 8, á las siete de la mañana, su centro de depresión cerca de las costas de Mullaghmore, y al día siguiente, 9, á la misma hora, este centro apenas si había andado 100 kilómetros. Es extremadamente raro que huracanes de tal intensidad se queden así estacionados. Con todo, se ha observado este mismo año un hecho análogo en el Atlántico: una tempestad, venida de América, ha permanecido tres días inmóvil en un mismo punto del Océano; luego, después de haber sido despertada, por decirlo así, por una corriente venida del Sur, emprendió otra vez su marcha hacia nuestras costas. La del 8 de diciembre quedó estacionada del 8 al 9, permaneciendo todos los barómetros de Inglaterra y Francia cerca de su mínimo; después la traslación se dirigió hacia el Estenordeste, y el día 10 por la mañana el centro estaba en Noruega, cerca de Cristianía, siendo menos cerradas las curvas isobaras y el movimiento más extendido.

De este estacionamiento y traslación resulta que las costas de Inglaterra, el canal de San Jorge y la Mancha fueron los que más sufrieron por el ciclón. La tempestad se desencadenó sobre Londres y causó grandes perjuicios en la villa y en el litoral. Al mismo tiempo llovía á mares. A las cuatro de la noche el barómetro marcaba 724 milímetros y el mal tiempo aumentaba. Algunas calles de la parte Sur de Londres fueron cubiertas de $0^m,10$ de agua. Se registraron numerosos siniestros marítimos, con los cuales no podemos entretenernos.

El centro de depresión apenas cambió de lugar durante las veinticuatro horas del 8 y del 9, á las siete de la mañana, avanzando lentamente hacia el Estenordeste. Pero las curvas isobaras equidistantes se separaron del lado del Este, y el día 10 de diciembre el centro de depresión, elevado entonces á 720, se encontraba en Noruega, entre Skudesnes y Cristianía, habiendo ascendido el barómetro hasta 735 milímetros de Escocia á Copenhague, á 740 de Liverpool á Berlín, á 745 de Dublín á Lilla y Praga, etc. La marcha del ciclón se efectuó siempre del Oeste al Este, con una inclinación variable, y el movimiento de rotación (indicado por las flechas del viento) se ejecutó en sentido contrario del de las agujas de un reloj.

El atento examen de estas grandes perturbaciones atmosféricas pone en evidencia las leyes que las rigen y empieza á sentar las bases de una meteorología racional. Por otra parte, se pueden prevenir las variaciones del tiempo á muy corto vencimiento (algunas horas antes solamente) siguiendo con atención la marcha del barómetro y la de las nubes. He aquí una regla muy sencilla (1):

«Cuando se vea á las nubes marchar en una cierta dirección, se podrá deducir, cualquiera que sea la altura del barómetro, que existe un centro de depresión en la capa de la corriente nubulosa, en una dirección á poca diferencia perpendicular á esta corriente.»

Si, por ejemplo, las nubes marchan del Oeste al Este, hay un centro de depresión al Norte. Se encuentra al Sudeste, si las nubes vienen del Nordeste; en el Oeste, si vienen del Sur, etc.

En general, la depresión es tanto más importante y su centro tanto más cercano del lugar de la observación en cuanto es mayor la velocidad de las nubes y el barómetro está más bajo.

Si el descenso barométrico ha sido lento y considerable, el aire de bajas presiones tiene una vasta extensión; esta extensión es pequeña si el barómetro ha bajado algo de prisa.

Por otra parte, la depresión se aproxima ó se acentúa si el barómetro baja; se aleja ó nivela cuando el barómetro asciende, y su centro está lo más cerca al momento del mínimo barométrico. Es, por otra parte, muy fácil reconocer de qué lado llega, puesto que la posición del centro está siempre indicada por la perpendicular al viento de las nubes.

(1) Véase J. R. Plumandon, *Le Baromètre appliqué à la prevision du temps.*

Generalmente, puede decirse que la baja del barómetro acompaña al buen tiempo y anuncia el malo. Durante los días en que el Sol y la lluvia se suceden con frecuencia, el barómetro desciende durante todo el tiempo en que dura un claro; cuando cesa de bajar, el cielo se cubre otra vez, y empieza á llover cuando asciende.

La alza del barómetro acompaña al mal tiempo y anuncia la vuelta del bueno, que persiste ordinariamente hasta una nueva baja.

Un descenso lento, regular y moderado (de 3 á 4 milímetros) del barómetro indica que pasa una depresión á lo lejos. No origina cambio notable de tiempo. Un descenso repentino, aun cuando sea débil (de 2 á 3 milímetros), anuncia siempre que se produce una perturbación cerca. Ocasiona generalmente rachas de viento ó chubascos de corta duración. Si el descenso es considerable (de 8 á 10 milímetros), presagia una tempestad.

Un fuerte descenso, lento y continuo anuncia mal tiempo por muchos días. Este mal tiempo será tanto más acentuado cuanto el barómetro habrá partido de más alto y descenderá más.

Una alza brusca del barómetro, cuando éste está cerca ó sobre la presión media y hace buen tiempo, anuncia siempre la próxima llegada de una depresión, bajo cual influencia el barómetro no tarda en bajar.

Una alza rápida que sobrevenga cuando el barómetro está bajo, anuncia un buen tiempo de corta duración; pero si la alza es considerable, puede contarse con muchos días de buen tiempo.

Estas leyes están hoy día sabiamente determinadas por los meteorologistas. La constancia del sentido de la rotación del viento alrededor de un centro de de presión conduce á la siguiente relación, que ya hemos indicado, entre la dirección del viento y la presión barométrica en el hemisferio Norte, principalmente en la superficie del mar donde las modificaciones locales son más débiles: «Dad la espalda al viento, el barómetro estará más bajo á vuestra izquierda que á vuestra derecha.» Pero la dirección del viento implica al mismo tiempo la dirección en la cual se encuentra el centro del torbellino, y la ley puede aún ser formulada de esta manera: *Dad la espalda al viento, extended el brazo izquierdo, y estará en la dirección del centro de la tempestad.*

Muchos días antes de la llegada de una borrasca, y aún antes que el barómetro haya empezado á bajar de una manera sensible, se ven aparecer en el cielo, en largas bandas paralelas, unas nubes finas, desleídas, que on los primeros anuncios del mal tiempo: se las llamas *cirrus;* están formadas de pequeñas agujas de hielo que flotan á considerable altura, pues llegan y aun pasan de 10.000 á 12.000 metros. El cielo toma poco á poco un aspecto blanquecino, lechoso, favorable á la producción de los halos; después aparecen los cirro-cúmulus: estas nubes aumentan bien pronto en extensión y en densidad; se transforman en cúmulus ó balas de algodón, por de pronto aisladas, entre cuyos claros se perciben á intervalos los cirrus de las capas superiores; los cúmulus descienden cada vez

más, el horizonte se cubre y el cielo toma poco á poco este aspecto particular que caracteriza la proximidad de la lluvia. Esta sucesión de diferentes aspectos se observa en la porción anterior de las borrascas, al mismo tiempo que se acentúa la baja del barómetro. Cuando el centro del torbellino ha pasado y la presión empieza á levantarse, el cielo se despeja por instantes, y las alternativas de nubes y claros, etc., son los fenómenos que se producen primero en la parte posterior. El barómetro continúa ascendiendo, las nubes desaparecen poco á poco; vuelve el buen tiempo. Esta situación persiste hasta que una nueva borrasca vuelve á traer la misma serie de fenómenos.

Las tempestades se producen en la porción derecha de las borrascas. En invierno, estos fenómenos acompañan solamente las perturbaciones profundas y muy extensas; en verano, al contrario, la menor depresión basta para determinar su formación. Algunas veces las tempestades quedan localizadas en una pequeña región, pero con más frecuencia se transportan, como la misma borrasca, propagándose por regiones enteras; algunas han sido seguidas desde Burdeos hasta Amsterdam.

Tales son – muy sumariamente – las observaciones que dan á la meteorología actual sus principios positivos (1). Por término medio, en nuestros climas, el mínimum barométrico en el centro de estas perturbaciones circulares está cerca 730 milímetros, y es alrededor de esta depresión donde el tiempo es más malo, especialmente del lado Sur. El diámetro de las borrascas es muy variable; este diámetro, raramente inferior á 1.000 kilómetros, es con frecuencia dos ó tres veces más grande. Van generalmente del Oeste al Este, ó del Sudoeste al Nordeste, llegando de los Estados Unidos, del Atlántico, y pasando de Irlanda á Noruega. Su velocidad de traslación varía de 25 á 40 y aun de 60 á 80 kilómetros por hora, girando como hemos dicho más arriba, de suerte que el lado derecho es aquel en que el viento es más violento. Algunas veces también estas borrascas giran casi sobre el mismo lugar. El viento tiene á veces 50 y 60 metros por segundo, 180 y 200 kilómetros por hora. Gracias al servicio de avisos organizado en la Oficina meteorológica de Francia, se conoce todas las mañanas el estado del barómetro, del termómetro, del viento, del cielo en toda Europa, y se siguen cada día estos curiosos movimientos. Supongamos que una borrasca que marcha con una velocidad de 50 kilómetros por hora llega á Irlanda á las ocho de la mañana: empleará doce horas para recorrer los 600 kilómetros que separan Valentia de Brest, y no llegará á nuestras costas hasta las ocho de la noche; así todo podrá estar prevenido á su llegada y tomadas en consecuencia todas las medidas. Insistiremos respecto á este asunto en el capítulo de la previsión del tiempo.

Tales son los *hechos* relativos á la marcha de las tempestades. En cuanto á las teorías, no añadiremos nada á los principios generales expuestos más arriba. Después de un cierto número de años, un astrónomo meteorologista infatigable,

(1) Véase Mascart y Moureaux, *La Meteorologie appliqué à la prevision du temps.*

M. Faye, ha hecho inmensos esfuerzos para demostrar que las tempestades son una especie de embudos producidos por una fuerza venida de lo alto, que se precipitase sobre el suelo á través de la atmósfera puesta en rotación, y que estos ciclones terrestres son análogos á las manchas solares. Pues nosotros hemos observado y dibujado centenares de manchas solares: estas manchas no son redondas, como deberían ser si esta teoría fuese exacta, sino irregulares, recortadas, y presentan casi todas las formas imaginables. La semejanza de un torbellino con las manchas solares nos parece difícil de admitir. Por otra parte, se encuentra mejor la explicación de los ciclones en los movimientos del aire producidos por las corrientes laterales, que en los torbellinos con eje vertical dirigido de arriba á abajo. Nosotros nos atendremos, pues, á los principios generales expuestos en este capítulo.

CAPÍTULO V

LAS TROMBAS Ó MANGAS

«Entre los grandes meteoros que suelen perturbar el orden aparente y la armonía de la naturaleza, entre los grandes fenómenos que llevan el terror y la desolación por dondequiera que se presentan, hay uno notable por sus formas raras y gigantescas, por las fuerzas extrañas á que obedece al parecer, por las leyes desconocidas y en apariencia contradictorias que le rigen, y en fin, por los desastres que ocasiona. Estos desastres van á su vez acompañados de circunstancias particulares tan extrañas, que no es posible confundir su causa con la de los otros meteoros no menos funestos para la humanidad. El amenazador meteoro que nos ocupa, tan extraordinario, y tan raro por fortuna en nuestras comarcas, es el que se conoce generalmente con el nombre de *Tromba.*»

Con este párrafo da principio el meteorologista Peltier á su obra especial sobre las *Trombas.* La explicación de este curioso fenómeno dejaba mucho que desear antes de que dicho meteorologista lo estudiara tan ingeniosa como pacientemente; mas hoy podemos definir con exactitud su naturaleza y carácter, diciendo que una tromba es una columna de aire que gira ordinariamente con rapidez sobre sí misma, y tiene un movimiento de traslación relativamente lento, puesto que es fácil seguirla á un paso regular. Esta columna de aire giratoria reconoce por causa y por fuerza motriz la electricidad. El furioso viento que produce por su mismo movimiento, y que ocasiona á su paso los desastrosos efectos que vamos á ver, no es ya el resultado de corrientes atmosféricas desarrolladas en gran escala, como sucede con los ciclones, sino que está limitado á las dimensiones, muy restringidas siempre, de este fenómeno eléctrico. Por lo general las trombas no tienen más que algunos metros de diámetro, pero su empuje es inconmensurable; talan el suelo por donde van pasando, arrasan los campos, los árboles, las casas y hasta los grandes edificios con tal energía que á veces no queda el menor rastro de ellos después de haber pasado el aterrador meteoro.

He aquí cómo empieza comúnmente este fenómeno.

La superficie inferior de una nube tempestuosa se precipita hacia la tierra en forma de cilindro ó más bien de cono, semejante á una inmensa bocina cuyo pabellón se pierde en la nube y cuya embocadura se acerca más ó menos al suelo ó á la superficie del mar. Este cono invertido puede tener mayor ó menor desarrollo y estar más ó menos alterado, según el estado particular de las nubes y

de la localidad. Lo cierto y constante es que forma un lazo de unión de vapor entre las nubes y la tierra.

Por debajo de la columna nebulosa reina una gran agitación en la tierra ó en el mar, agitación que comparan los marinos á la de una ebullición que lanzara vapores y chorros de agua en forma de haces. En la tierra, el polvo de los caminos y los cuerpos leves forman una humareda análoga. El torbellino inferior se eleva al poco rato á bastante altura, al paso que la columna superior baja lo suficiente para que ambos se junten y compongan una sola y misma columna, más espesa por arriba que por abajo, y con mucha frecuencia transparente como un tubo de vidrio en cuyo interior se ven subir ó bajar muchos vapores.

Cuando la masa de agua levantada sobre el mar es más compacta, parece un pilar colocado ex profeso para sustentar la columna descendente. Por último, dicha columna ó tromba marina produce un estrépito que varía considerablemente, desde el silbido de una serpiente hasta el ruido de pesadas carretas que corrieran por caminos pedregosos, ruido que es más considerable en la tierra que en el mar.

El genio de la destrucción parece encarnado en tan singular fenómeno. La tromba avanza con aparente lentitud, lanzando amenazadores silbidos; retuércese convulsivamente, traza su surco destructor á través de los productos de la tierra ó de la humanidad, y hace volar en diminutos fragmentos ó reduce á polvo cuanto se opone á su paso. Los desastres causados por agente tan formidable demuestran que su presión llega á veces á cuatrocientos ó quinientos kilogramos por metro cuadrado. Se le ve arrebatar ganados, hombres y hasta ríos, levantándolos á asombrosas alturas. Los techos de los edificios vuelan por los aires, y las paredes quedan cuarteadas por la brusca violencia de una mano de hierro irresistible. Para apreciar en todo su valor este extraño fenómeno, consideremos un momento algunas de sus hazañas más memorables.

Citemos, por ejemplo, dos trombas observadas al Sur de París, de una á dos de la tarde, el 16 de mayo de 1806, y que parecen hechas á propósito para la descripción teórica. Peltier da cuenta de ellas con referencia á un profesor llamado Debrún, pudiendo darles el nombre de *trombas de París*.

La primera empezó á eso de la una de la tarde, presentando lo menos 12 pies de anchura en su base, cerca de la nube, como estaría la de un cono invertido. Después fué adquiriendo sucesivamente la longitud de 15, 20 y 40 pies; cuanto más bajaba, más aguda era su forma cónica, pues desde el principio de su salida de la nube formaba ya un cono perfecto; pero conforme iba ganando en longitud perdía proporcionalmente en volumen, de suerte que al último no llegó á ser más gruesa que un brazo.

Esta trombra se arrastraba lentamente hacia el Sur, y luego hacia el Oeste y el Sudoeste, pero sumamente despacio, y parecía hallarse sobre las últimas casas del arrabal de Santiago; y después sobre el llano de Montrouge, de Montsouris

TROMBA MARINA

y la Nevera. Su color era el blanco agrisado de las nubes ordinarias, y destacaba muy bien sobre el fondo negruzco de los nubarrones.

Lo que más llamó la atención fué ver que formaba un largo tubo, en parte *semitransparente*, que presentaba muchas curvas ó inflexiones semejantes á un descomunal intestino flexible, por el cual se veían *subir los vapores* ondulando, como se vería subir el humo por el cañón de una chimenea que fuese de cristal; ofreciendo además la notable particularidad de que la ascensión de los vapores era más pronunciada, más activa en la parte inferior, que á la sazón podría hallarse á un kilómetro sobre el nivel del suelo.

Cuando la nube que formaba la cabeza de la tromba avanzaba, encorvábase el cuerpo de ésta y la seguía, dilatándose unos 3.000 metros para no desprenderse de ella; pero cuando la tromba adquirió una gran longitud, y por consiguiente un volumen muy pequeño, y llegó á inclinarse considerablemente hasta formar con el horizonte un ángulo de 20 grados poco más ó menos, entonces su cuerpo serpenteó ligeramente.

Cuando esta tromba presentó su mayor inclinación parecía tener la cola en Arcueil y la cabeza en Chatillón; pero durante el camino que describió esta última parte, pareció en cierto modo que la otra, ó sea la cola, estaba fuertemente atraída ó retenida por el valle de Arcueil y que no podía separarse de él fácilmente.

Duró más de tres cuartos de hora y acabó recogiendo su punta; su parte superior pareció replegarse en la nube que le había dado origen.

Unos veinte minutos después de formarse esta tromba, empezó otra, que no presentó por cierto particularidades tan interesantes como la primera, pero cuyo efecto fué mucho más majestuoso. La produjo una nube, bastante menos alta que la que había formado la primera, y se dejó ver por encima del hospicio Cochin, calle del Arrabal de Santiago, y del Observatorio. Era agrisada; tenía en toda su longitud un tubo, luminoso como la luna, y se veía con claridad en su parte inferior cómo subían rápidamente los vapores. De vez en cuando y á cortos intervalos, el cuerpo de dicha tromba se estiraba ó se encogía sucesivamente, á veces con mucha prontitud. Pasó por delante de la primera, de la que sólo parecía alejada unos 1.600 ó 2.000 pasos en dirección Norte; pero aquélla, hacia el fin de su aparición, huía más velozmente hacia el Sur; la segunda siguió luego algún tanto la dirección de la primera, y su parte inferior se encorvó ligeramente hacia el Oeste.

Estalló un formidable trueno en una nube poco distante de las trombas, sobre todo de la primera, sin que en ninguna de las dos influyera al parecer. En seguida cayeron algunas gotas sumamente gruesas, pero muy escasas, y casi al mismo tiempo algunos granizos como avellanas.

La segunda tromba se replegó gradualmente hacia la nube que la engendró la cual la absorbió en muy poco tiempo, concluyendo por desaparecer totalmente al cabo de veinticinco minutos, duración entera de su existencia.

Como se ve, estas trombas tan teóricas eran muy inofensivas, pues parecía que no habían tocado la tierra; probablemente no lo habrían sido tanto para un globo que se hubiese acercado á ellas.

Pero describamos ahora otras trombas entregadas á su tarea destructora, y cuyo paso por la superficie del suelo ha dejado inequívocas pruebas de la potencia de tales meteoros.

Entre las trombas que han dejado más dramáticos recuerdos, debemos citar la que se formó en Monville el 19 de agosto de 1845. Todo el mundo conoce ese apacible valle del Maromme entre Malaunay y Cleres, que ameniza con sus pintorescas campiñas el camino de hierro de Ruán á Dieppe. En el día fatal que acabamos de indicar, con un tiempo caluroso y abrumador, cayó repentinamente sobre el valle, á la una de la tarde, un torbellino de rara naturaleza. Los grandes telares de seda de Monville fueron envueltos de pronto, sacudidos y derribados, en menos tiempo del que se necesita para contarlo; la fábrica en que trabajaban centenares de obreras se hundió en medio de una tempestad eléctrica repentina, y aquellas infelices quedaron sepultadas bajo los escombros, siquiera cierto número de ellas no murieran inmediatamente. Protegidas por la casualidad, viéronse como emparedadas, y se comunicaban mutuamente sus impresiones sin verse ni conocer la clase de cataclismo á que debían aquel cambio de estado. La mayor parte de ellas estaban persuadidas de que había llegado el fin del mundo, y esperaban el juicio final.

Algunos obreros fueron lanzados por encima de las empalizadas y de los cercados, y otros destrozados por las máquinas de vapor, que continuaban funcionando en medio de la catástrofe. Varios de ellos, aunque salieron ilesos, se sintieron sobrecogidos de tal espanto, que murieron á los ocho días sin enfermedad visible. Las paredes, las habitaciones sufrieron tales cambios que no se sabía lo que eran. En otros puntos, hubo cuartos enteros que quedaron completamente pulverizados, sin dejar rastro alguno en el sitio que antes ocupaban. El meteoro arrancó además y lanzó á 25 y 38 kilómetros de distancia, hasta cerca de Dieppe, vigas, tablones que medían 1 metro de largo, 12 centímetros de ancho, y más de uno de espesor, archivos, papeles, etc. Tumbó también los árboles que encontró á su paso, cualquiera que fuese su grueso, dejándolos en casi todas partes reducidos á tablas y secos. La zona asolada tenía una extensión de 15 kilómetros; su anchura fué aumentando, desde 100 metros hacia el Sena cerca de Canteleu, hasta 300 hacia Menville, disminuyendo luego hasta 60 cerca de Cleres. El barometro bajó de pronto de 760 á 705 milímetros.

La catástrofe de Monville queda en los recuerdos de la Normandía con el mismo título que el de los más funestos naufragios. Felizmente, las trombas no toman con frecuencia semejantes proporciones ó no llegan precisamente á estos puntos habitados en que el trabajo reune las multitudes humanas y concentra en cierta manera el máximo de los efectos de destrucción. Muchos, no menos enérgicos quizás, no han encontrado un alimento semejante para devorar. La

que trastornó los alrededores de Tréveris, en 1829, tenía la forma de una chimenea que salía de una nube y vomitaba surtidores de llamas y de vapores. Pronto tomó la forma de una serpiente, onduló por encima de la campiña y trazó un surco de diez á diez y ocho pasos de largo en una extensión de dos mil cien pasos, destrozando las hierbas, espigas, plantas, legumbres que tapizaban el suelo. Pero no hubo ni destrucción de viviendas, ni desgracias humanas. La que asoló Châtenay (Seine-et-Oise), el 18 de junio de 1839, tostó los árboles que se encontraron dentro de su circunferencia, y derribó los que se encontraron á su mismo paso; los primeros fueron tan singularmente tostados que sus ramas y hojas vueltas del lado del meteoro estaban del todo desecadas y chamuscadas, mientras que las otras quedaron verdes y lozanas. Millares de corpulentos árboles fueron arrancados y tendidos en una misma dirección como las gavillas de trigo. Un manzano fué transportado á doscientos metros de distancia, sobre un montón de encinas y olmos. Las casas fueron removidas en su interior, pero sin ser derribadas. Volaron muchos tejados. Un muro de cerca fué dividido en cinco porciones casi iguales de siete á ocho metros cada una: la primera, la tercera y la quinta fueron derribadas en un sentido; la segunda y la cuarta en sentido opuesto. Muchas hileras de pizarras de tejado tuvieron sus clavos arrancados sin que ellas fueran levantadas, como si hubieran sido repuestas por la mano del operario..... En la tromba que maltrató á la villa de Aubepierre (Haute-Marne) el 30 de abril de 1871, el techo del lavadero quedó con sus tejas *exactamente* levantadas.

En las regiones arenosas de los desiertos de Africa y de Asia, el viajero encuentra á veces *trombas de arena* gigantescas que se elevan desde la tierra hasta las nubes, y se retuercen convulsivamente, lanzando penetrantes silbidos.

Las trombas que se forman en el mar, en los lagos, en los ríos, y que se conocen con el nombre de *trombas de agua*, sólo difieren de las de aire por su situación. En lugar de polvo, de hojas, de objetos sólidos atraídos por la columna giratoria, es agua, por lo común en estado de vapor muy condensado, y á veces también en estado líquido, lo que se mezcla con el aire de la tromba. Peltier cita un gran número de ejemplos observados en todas las latitudes, entre los cuales no veo ninguno que se haya tragado buques, ó á lo menos que lo haya hecho dejando un testigo. Generalmente se deshace á cañonazos la base de la columna amenazadora. Sin embargo, leo en dicho autor que cierto día, el 29 de octubre de 1839, una tromba sorprendió á un buque en el mar Jónico, dándole violentas sacudidas de popa á proa, á babor y estribor, haciéndole girar rápidamente é inundándole de agua, con gran espanto de los pasajeros que esperaban el resultado de aquel peligroso trance «como quien desde el fondo de un pozo mira hacia arriba.»

La nube atraída puede acercarse á la costa lo bastante para levantar masas de agua con los cuerpos que contienen; los más grandes caerán aisladamente en razón de su peso; pero los más pequeños serán transportados más lejos y aban-

La tromba terrestre

donados en masa. Esta y no otra es la causa de las lluvias de ramas y pececillos, de que nos ocuparemos en el capítulo VI del libro siguiente.

La naturaleza exacta de este extraño fenómeno atmosférico no está aún completamente analizada. Parece que la parte de la nube que desciende hacia la tierra en forma de embudo ó de trompa de elefante tiene una especie de consistencia viscosa, como si estuviera rodeada de una membrana de caucho transparente. Lo cierto es que el estado molecular de este torbellino nebuloso difiere del de las nubes ordinarias. El aire está allí sin duda muy apretado, muy condensado; es más frío que el aire exterior. En una importante relación de trece tornados (los americanos dan el nombre de *tornados* á las trombas) que sembraron de espantosas borrascas á los Estados Unidos los días 29 y 30 de mayo de 1879, M. Finley dedujo que los fenómenos eléctricos no existen en el mismo tornado, pero acompañan constantemente la formación del macizo de nubes que se encuentran en relación con él. Hay observaciones opuestas. Debe creerse siempre que no es la electricidad la que produce los violentos y rápidos hechos observados en las trombas: el movimiento giratorio del aire es su verdadera causa mecánica.

Uno de estos tornados de los Estados Unidos, región en que son mucho más frecuentes que aquí y donde han sido minuciosamente estudiados, es particularmente digno de llamar nuestra atención precisamente por la serie de detalles observados. Lo resumiremos como sigue con M. Faye:

El tornado apareció por el Sudoeste bajo la forma de una tromba, marchando rápidamente hacia el Nordeste. Un poco antes de su aparición, la nube de que parecía descender manifestaba una violenta agitación. Se habían formado una serie de pequeños apéndices que colgaban de dicha nube como jirones de tela. Por espacio de diez minutos, aparecían y desaparecían como cosa de encantamiento.

Finalmente, uno de estos apéndices pareció engrandecerse, alargarse hacia abajo y absorber, por decirlo así, á los demás. Era la tromba que acababa de formarse y descendía girando rápidamente de derecha á izquierda; oscilaba algo verticalmente sin llegar aún al suelo, pareciendo inclinarse tan pronto de un lado como de otro.

Cuando el tornado no estuvo más que á 3 ó 4 millas de distancia, tocaba ya al suelo y se percibía distintamente su ruido, que llenaba de terror á los más valientes.

Entretanto el tornado había atravesado la ribera de Salt Creek y llega á la casa de la señora Sofronia Clark, que se encontraba exactamente al centro de su curso. Este edificio fué levantado desde sus cimientos y transportado al Nordeste á una distancia de 90 pies; allí cayó en un informe montón de ruinas que al momento fueron dispersadas en todas direcciones.

La casa de piedra de sillería de M. J. Potter fué destruída, el techo levantado y las murallas se desplomaron. La familia escapó con vida por haberse refugiado en las cuevas.

La casa de M. Samuel Mac-Bride, á 4 millas de Delphos, fué luego atacada. Levantada como si fuera de una sola pieza desde sus cimientos, fué transportada 10 pies más al Norte, y luego á 12 pies más allá, al Noroeste, hecha trizas. Los restos fueron transportados en un semicírculo de 60 á 80 metros de diámetro. Un criado fué levantado y resultó con los brazos rotos; el propietario, gravemente herido por la caída de los restos, murió al poco rato. Su caja (era un recaudador) había sido hecha pedazos y los sacos de plata dispersados.

La casa de M. King, levantada también desde sus cimientos, fué trasladada á 300 pies más lejos, al Estenordeste, y dejada al lado del río. Cosa curiosa: aunque muy maltratada, escapó de una completa ruina.

Después de haber demolido la casa y los establos de M. Voshman, roto sus coches, sus carros y sus máquinas agrícolas, el tornado atacó la propiedad de M. Krone. Este le veía venir, ya remontándose en el aire al contraerse, ya descendiendo al suelo al dilatarse. M. Krone aguardó hasta que estuvo á media milla de su casa; entonces, juzgando que ésta sería destruída, hizo salir á todos fuera para que cada uno se salvara en la fuga. Por desgracia, M. Krone y su gente corrieron hacia el Nordeste, en la misma trayectoria del tornado. Bien pronto fueron alcanzados. La casa estaba ya destruída cuando M. Krone, echado por el suelo, volteado, herido en la cabeza y otras partes por los restos de su propia habitación, fué al fin detenido por algún obstáculo. La hija mayor de M. Krone fué transportada á 200 metros de distancia, proyectada contra un enrejado y muerta del golpe. Se la encontró toda desnuda en el suelo, cubierta de un lodo negro. El hijo mayor fué transportado á un campo vecino, la ropa hecha jirones, cubierto igualmente de lodo. La segunda hija de M. Krone resultó con el muslo casi enteramente cortado por un pedazo de madera. De su herida, de siete pulgadas de anchura, sacó el médico fragmentos de madera, lodo, clavos y paja. Todos los otros individuos de la familia sufrieron una suerte análoga. Las mujeres fueron, como siempre, las que más sufrieron: desnudadas del todo por la tromba, quedaban á merced de las ruinas que volaban por todas partes. Los cabellos estaban tan pegados por el lodo, que fué preciso cortarlos. Todos estos desgraciados, con los ojos y las orejas llenos de este mismo lodo, no podían ver ni oir nada. De dos forasteros que habían buscado un abrigo en casa de M. Krone, el uno murió de un golpe, y el otro, que estaba escondido en una muela de heno, fué levantado; al pasar en el aire, como un globo, por el lado de un caballo que estaba en pie, le cogió las crines, pero no pudo detenerse. Se le encontró á los lejos con el sombrero en una mano y un puñado de crines en la otra.

Los graneros, las cuadras y establos fueron enteramente destruídos; murieron seis caballos; diez y ocho cerdos, de 300 á 500 libras, fueron igualmente muertos; otros seis murieron de resultas de las heridas. Un gato fué transportado á una media milla de distancia y se le encontró aplastado sobre el suelo como si hubiera pasado bajo una prensa. Las gallinas quedaron sin plumas y fueron encontradas muertas á lo lejos.

Debemos estos detalles á M. Mac-Laren, que fué en socorro de la familia Krone diez minutos después de esta catástrofe que hirió súbitamente á una familia tan feliz poco antes. Nada más espantoso que esta masa informe de ruinas, de heridos y cadáveres, entre los cuales se levantaba aquí y allí un brazo ó una voz pidiendo socorro.

Me detengo aquí aunque el terrible tornado no esté aún á la mitad de su camino. Llegado á la frontera Norte del condado de Ottawa, se elevó en el aire y no tardó en desaparecer entre las nubes de donde había descendido.

Resumamos en pocas líneas los hechos que constan por la observación de seiscientos tornados en los Estados Unidos y los que hemos experimentado en Europa.

La proximidad de un tornado es señalada por una ancha nube negra que cubre todo el cielo, ó cuando menos una gran parte, debajo de la cual desciende en forma de embudo un enorme apéndice nebuloso que llega á la superficie del suelo. En la punta inferior se encuentra la pequeña área donde están condensados los vientos destructores.

La velocidad de rotación ha sido juzgada muy diversamente, lo que es debido en parte á la región sobre que cada espectador ha fijado su atención. La media es de 170 metros por segundo, la mitad á poca diferencia de la velocidad de una bala de fusil.

El diámetro más ordinario, variable por otra parte, es de 300 á 400 metros. Más allá del círculo visible del tornado, dibujado por su envoltura nebulosa, no hay viento violento debido á este fenómeno.

Todos, grandes ó pequeños, están animados de un movimiento de traslación que varía de 5 á 125 metros por segundo. El término medio, 17 metros, es el de un ferrocarril á gran velocidad. Vienen todos, en los Estados Unidos, de algún punto del horizonte Oeste y se dirigen hacia la parte opuesta del horizonte Este. La mayor parte van del Sudoeste al Sudeste. Jamás se ha visto un tornado que siguiera una marcha inversa.

Pueden marchar por el aire sin tocar el suelo. Sus estragos empiezan solamente cuando descienden hasta el suelo. Algunas veces su extremidad inferior se levanta, luego desciende un poco más allá. Entonces parece que bailan, como decía un obrero de Malaunay en 1845.

Su marcha es, en general, en línea recta. Con todo, algunas veces se han notado ligeras oscilaciones, de suerte que la trayectoria, marcada sobre el suelo por sus estragos, presenta entonces desviaciones en ziszás. Su inclinación sobre la vertical es, por otra parte, considerable, 45 grados y aun más. La punta está invariablemente detrás de la embocadura.

A pesar de esta inclinación, las espiras del tornado conservan su horizontalidad: su movimiento tan violento de rotación se opera siempre alrededor de un eje vertical.

Los tornados llegan con frecuencia al seno de una atmósfera caliente y opresiva. Son seguidos de un descenso inmediato de temperatura. Cuando van acompañados de aguaceros, éstos se producen casi indiferentemente antes ó después de su paso.

Los tornados aparecen en tiempo tempestuoso. Algunas veces (setenta casos) ofrecen por sí mismos los signos de una electricidad propia: formación de bolos de fuego, especie de incandescencia en la punta. Otras veces (cuarenta y nueve casos) carecen de electricidad, ó cuando menos no manifiestan ninguna señal.

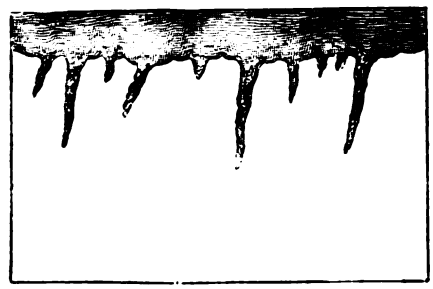


Fig. 53. - Primer aspecto del tornado

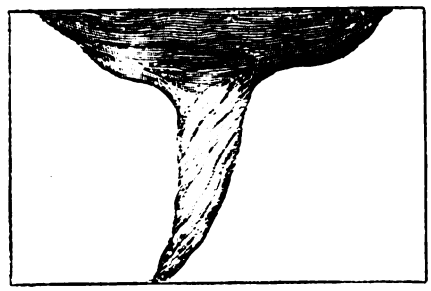


Fig. 54. - Tornado antes de llegar al suelo

Fig. 55. - Tornado tocando y barriendo el suelo

Nuestros lectores encontrarán en nuestra *Revista mensual de Astronomía y Meteorología* curiosos ejemplos de trombas observadas recientemente, entre otras dos trombas violentas que han devastado muchos municipios del departamento del Orne, los días 16 de febrero y 28 de octubre de 1885 (estudiadas juiciosamente por M. Vimont); seis trombas marinas observadas en San Remo, en el Mediterráneo, el 13 de enero de 1885, por M. Curtis y M. Braddon; una pequeña tromba muy singular, observada el 22 de mayo de 1886, en Brar-sur-Aube, por M. Comte (un bastidor de jardinero de 60 kilogramos de peso fué levantado hasta la altura de un álamo); muchas trombas observadas desde Marsella por MM. Guerín, Leotard y Payan, en septiembre de 1886, etc., etc. Nos falta espacio para entrar en los detalles de todos estos ejemplos. Hagamos notar, no obstante, un cálculo interesante por una de las trombas de San Remo; alargada en forma de serpiente que descendía oblicuamente de la nube al mar, medía 2 kilómetros de largo; el tubo de la tromba era cinco veces más largo que la columna Vendôme de París, y el mar estaba como levantado debajo en forma de cesta seis veces más ancha que la plaza Vendôme y cuatro veces más elevada que la columna.

Durante la corrección de estas pruebas, acabo de observar un pequeño remolino ascendente muy curioso. En la ribera derecha del Sena, frente á Juvisy, con un aire encalmado y tibio, he visto, con otros veinte espectadores, cómo la parte superior y el torno de una muela de heno se desprendían y dispersaban en remolino, siguiendo las espirales en sentido contrario del movimiento de las agujas de un reloj y más desarrolladas cada vez, elevadas hasta una altura de más de 300 metros, en la cual estos ligeros restos han flotado durante casi un cuarto de hora. No es cosa rara ver columnas de polvo formadas de esta manera, que ascienden y giran siempre en el mismo sentido.

LIBRO QUINTO

EL AGUA. - LAS NUBES. - LAS LLUVIAS

CAPÍTULO I

EL AGUA EN LA SUPERFICIE DE LA TIERRA Y EN LA ATMÓSFERA

EL MAR. – LOS RÍOS. – VOLUMEN Y PESO DEL AGUA QUE HAY EN LA TIERRA. – CIRCULACIÓN PERPETUA. – EL VAPOR DE AGUA EN LA ATMÓSFERA. – SUS VARIACIONES SEGÚN LA ALTURA, LOS LUGARES Y EL TIEMPO. – HIGRÓMETRO. – EL ROCÍO. – LA ESCARCHA.

El globo al que nos tiene adheridos la atracción mide 12.742 kilómetros de diámetro, es decir, 10.000 leguas de circunferencia. Este globo es una esfera cuyo volumen llega á unos mil billones de metros cúbicos (1.083.000.000.000). Si fuese de agua, pesaría 1.000 trillones de kilogramos, por cuanto cada litro ó decímetro cúbico de agua pesa 1 kilogramo, el metro cúbico 1.000 kilogramos y el kilómetro cúbico 1.000.000.000.000. Pero como la tierra pesa cinco veces más que el agua (5,44), el peso del globo terrestre es de 5 cuatrillones 875.000 trillones de kilogramos.

Hemos dicho que la Atmósfera que envuelve nuestro planeta pesa 5 trillones, 263.000 billones de kilogramos, lo cual no llega aún á la millonésima parte del peso de la Tierra entera (la 1.116.000.ª). Su volumen, á la densidad de la superficie del suelo, forma una masa de 4 trillones 72.000 billones de metros cúbicos. El agua ocupa en el sistema terrestre un puesto de tanta importancia como el aire. La profundidad media de los Océanos es de cuatro kilómetros próximamente, á pesar de las irregularidades del fondo, cuyas pendientes, mesetas, montañas y valles hacen variar el nivel desde unos cuantos metros hasta 10 kilómetros. Esta profundidad media da 3 trillones 200.000 billones de metros cúbicos como volumen de las aguas. Si el Océano llegara á secarse, todos los ríos del mundo juntos necesitarían 40.000 años para volver á llenarlo.

Si fuera posible reunir en una sola gota toda el agua de los mares, formaría una esfera de 240 kilómetros de diámetro. Si toda la superficie de la tierra fuese

enteramente lisa, y el agua se desparramara por ella, la cubriría hasta una altura de 200 metros. La densidad del agua del mar, un poco más pesada que la del agua dulce, es igual á la leche de mujer: su masa entera forma un peso de 3.289 trillones de kilogramos, siendo la 1.786.ª parte del peso de la Tierra.

La mayor profundidad del Océano no excede de 10 kilómetros, distancia á que apenas llega también la porción respirable de la Atmósfera. En esta reducida zona de 20 kilómetros de espesor es donde tienen lugar todos los fenómenos de la vida, desde los bosques submarinos y los extraños animales que pueblan sus negras profundidades, hasta las plantas de la superficie habitada por el hombre, las numerosas especies animales que respiran al aire libre y el cóndor que se remonta más allá de las nieves eternas. Esta zona de vida es harto insignificante comparada con el espesor de la Tierra, la cual es á su vez tan microscópica comparada con el sistema planetario.

Para formarnos una idea de este reducido espesor, examinemos el corte ecuatorial de nuestro globo (fig. 56). Aun abultando cincuenta veces las sinuosidades, se ve que la corteza terrestre está casi exactamente representada por un círculo. Los continentes y las islas no son otra cosa sino las cimas de las mesetas cuyo pie está sumergido. La atmósfera respirable apenas estaría representada con la misma exageración por una capa submarina de dos milímetros de espesor.

El agua del mar ocupa casi las tres cuartas partes de la Tierra en el estado que corresponde á la temperatura media de la superficie, es decir, en el estado líquido. Sus corrientes constituyen, según hemos visto, la gran circulación arterial del planeta. No contenta con dominar de este modo en el estado ordinario, reina también, en el estado *sólido*, hasta en las regiones silenciosas de los polos y en las heladas crestas de las montañas inaccesibles, y en el estado *gaseoso* impera también cual soberana absoluta en la Atmósfera, cuya vida dirige, y por la cual difunde alternativamente la abundancia y la esterilidad, la placidez de los días serenos ó la tristeza de los cielos sombríos.

Dicha agua no está inmóvil ni en la profundidad de la cuenca oceánica, ni en los hielos sólidos, ni en la Atmósfera. Merced á la atracción siempre activa del Sol, merced á las corrientes aéreas, el agua se eleva verticalmente desde el fondo del mar hasta su nivel, se evapora á todas las temperaturas, se remonta en forma de vapor invisible á través del océano aéreo, se condensa formando nubes, desciende convertida en lluvia, filtra á través de la superficie del suelo, se desliza sobre las capas de arcilla impermeable, brota constituyendo manantiales, baja por el arroyo al riachuelo, y cae en el río que la devuelve al mar. La gota de agua, al parecer insignificante, que echamos de la botella al vaso, ha hecho muchos viajes desde que existe; ha sido bebida numerosas veces sin duda alguna, porque así como nada se crea, tampoco se pierde nada; ha humedecido el rápido pico de la golondrina que describe graciosas curvas sobre la superficie de la onda; ha gemido en la tempestad en medio de los furores del huracán; ha brillado en el arco iris; ha refrescado el seno de la rosa matinal; ha sido trans-

portada á la cúspide de los aires en los cirros de hielo que se ciernen sobre el globo más temerario; ha descansado en el lecho de las nieves eternas, y por las transiciones de la lluvia, de la niebla, de la tempestad, de la corriente, ha llegado de los antípodas á nuestra mesa. ¡Qué circulación tan indescriptible la del agua en el inmenso organismo del planeta!

La gota de agua que cae en el suelo penetra á mayor ó menor profundidad,

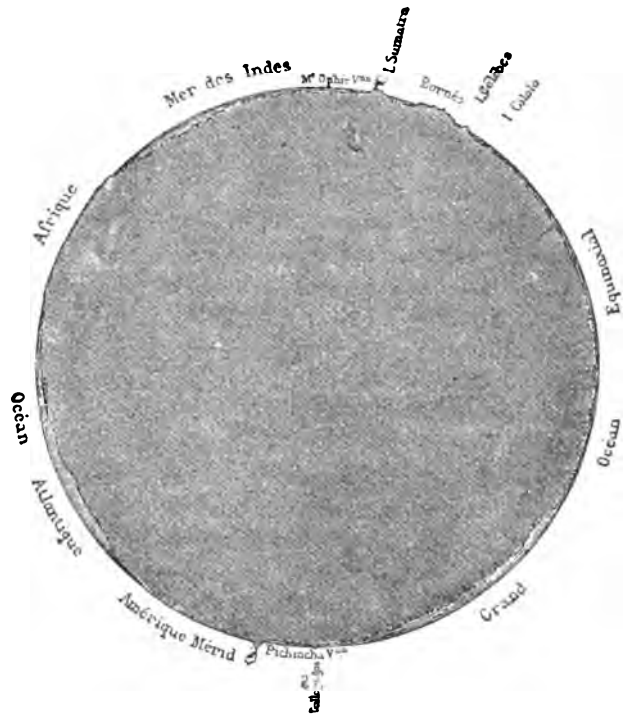


Fig. 56. – Corte ecuatorial de la Tierra

según la naturaleza del terreno y su estado de sequedad; las primeras gotas de una lluvia tempestuosa no penetran en un terreno desnudo y ardiente, sino que se evaporan tan luego como caen; pero por lo general podemos seguir la marcha de la gota de agua que desciende oblicuamente según las pendientes. Dase el nombre de cuenca á un conjunto de pendientes que converge en una línea de mayor profundidad, río al que llegan todas las aguas caídas en la superficie de dicho conjunto. Entre las cuencas hay crestas ó líneas de división; de dos gotas de agua que caigan en un punto de estas líneas la una irá á parar á una cuenca, la otra á otra, y ambas volverán al gran recipiente por muy distintos caminos. Tres gotas de agua inmediatas que caigan, por ejemplo, en un punto de la meseta de Langres, cerca de Montigny-le-Roi, pasarán, la una por el Marne á la

cuenca del Sena, la Mancha y el Océano Atlántico; la otra por el Mosa á la cuenca del Rhin y al mar del Norte, y la tercera por el Saona á la cuenca del Ródano y al Mediterráneo.

El agua natural, el agua de los Océanos, es salada por formar parte de su composición el cloruro de sodio. El agua dulce de lluvia, la de las fuentes y ríos es el agua de mar destilada por la evaporación debida al calor solar que origina las nubes.

Todo manantial, todo arroyo, todo riachuelo, todo río procede de la lluvia. Las aguas minerales tienen también el mismo origen, y su calor se debe exclusivamente á la profundidad del terreno hasta la que han llegado las aguas meteóricas, desde cuya profundidad suben en seguida por los intersticios de las rocas para volver al nivel de su depósito primitivo, como sucede con el sifón. Al evaporar el Sol el agua de los mares, deja en éstos la sal, que no es volátil. En esto consiste que el agua de lluvia sea dulce, lo mismo que la de los ríos y demás corrientes. La sal permanece constantemente en el mar, siendo tal su cantidad que podría cubrir la superficie entera del globo con una capa de 10 metros de espesor.

El agua jamás es absolutamente pura, pues contiene substancias que ha encontrado en el aire y en la tierra, especialmente carbonatos y sulfatos de cal y de magnesia, sílice, cloruros de sodio y de potasa, substancias orgánicas, gérmenes y microbios. Para ser buena, sana, potable, el agua debe estar aireada, como por ejemplo la de las fuentes; contener oxígeno (el agua destilada es indigesta) y nò contener más de 30 centígramos de materias sólidas por litro; debe cocer bien las legumbres y disolver el jabón sin formar grumos: lo cual nò sucede cuando en ella abundan el sulfato y el carbonato de cal; en este caso se la corrige precipitando la cal, bajo la forma de carbonato insoluble, por medio de una cierta cantidad de carbonato de sosa. Las aguas buenas no contienen más de 1 á 2 diez milésimas de materias fijas (1).

El agua es el vehículo de la transmisión de las enfermedades infecciosas (cólera, tifus). No se puede negar, sin duda, que los gérmenes de estas enfermedades puedan ser transmitidos por el aire, por el polvo y el viento; pero todas las observaciones prueban que el contagio se propaga *principalmente por el agua.* No debe beberse jamás agua de un país contaminado.

Así como el color azul del cielo se debe al vapor de agua, según hemos visto, así también el color del agua misma, considerada en gran cantidad, es azul; si bien sus matices pasan al verde, según la acción de la luz.

Ya en las páginas 72 y 73 del tomo primero hemos visto que, además del oxígeno y del nitrógeno, la Atmósfera contiene otro elemento fundamental: *el vapor de agua.* En la página 278 del mismo tomo hemos visto también que este vapor de agua *tiene una gran importancia en la distribución de las temperaturas* y que así

(1) Véase A. de Vaulabelle, *Physique du globe et Meteorologie populaire.*

su formación como su marcha representan una *fuerza formidable puesta en acción permanente en la gran fábrica aérea.* Por último, en la página 131 de este tomo, hemos observado que el aire contiene tanto más vapor de agua cuanto más caliente está; que un enfriamiento conveniente le lleva á su punto de saturación, sin añadir nada á la cantidad de vapor que contiene, sino simplemente en virtud del enfriamiento. Así, pues, para conocer la cantidad de vapor de agua que contiene el aire en un momento dado, se podría, por ejemplo, enfriar un termómetro suspendido en el aire hasta que indicase el grado de saturación, es decir, hasta el momento en que su bola estuviese cubierta de vapor condensado, de rocío. Buscando en seguida en una tabla la cantidad de vapor de agua que corresponde á dicho grado termométrico de saturación, se obtiene la cantidad efectiva que existe en suspensión en el aire en el momento del experimento. Este método, inventado por Dalton y perfeccionado por Daniell, es, sin embargo, un tanto complicado.

Fig. 57.-Higrómetro de cabello

Los instrumentos destinados á medir la humedad del aire han recibido el nombre de *higrómetros*, de las palabras griegas *ugros*, húmedo, y *metron*, medida. El más sencillo de dichos instrumentos es el inventado por Saussure y que lleva su nombre.

Los cabellos se estiran en razón de la humedad. Esta variación no es aparente á la simple vista; pero uniendo uno de los extremos de un cabello á la rama menor de una aguja, se puede hacer describir á la mayor un arco de círculo cuyas divisiones son bastante sensibles para acusar la proporción de la humedad. Se ha marcado la cantidad 100 en el punto en que la aguja se detiene cuando el aire está completamente saturado, y o en aquel en que queda fija cuando el aire es absolutamente seco. El espacio intermedio se ha dividido en cien partes iguales, las cuales no corresponden exactamente á la proporción de humedad. He aquí esta proporción, según Gay-Lussac:

1 décimo	22	grados del higrómetro	
2	–	39	–
3	–	53	–
4	–	64	–
5	–	72	–
6	–	79	–
7	–	85	–
8	–	90	–
9	–	95	–
10	–	100	–

A la montura del aparato va adaptado un termómetro.

A pesar del cuidado con que está construído este higrómetro, no es de tanta

precisión como el aparato de Daniell, ni como el de que vamos á ocuparnos. Los higrómetros populares lo son mucho menos aún; hacen *ver* la humedad más bien que la miden, y por esta razón se les llama *higroscopios*. Todo el mundo ha podido ver esos frailes cuya capucha se baja cuando el tiempo está húmedo. Su mecanismo consiste en una cuerda de guitarra fijada en el fraile, que va á terminar en la charnela de la capucha movible; la humedad la encoge, tirando de este modo más ó menos de la capucha.

En los observatorios se hace uso de un higrómetro cuya variación no la causa la absorción, como el de Saussure, sino la evaporación, como el de Daniell. Débese este higrómetro, que es muy preciso, á Leslie, y ha sido perfeccionado por August. Como está basado en el enfriamiento de un termómetro, se le ha designado con el nombre de *psicrómetro* (de *psucros*, frío), y lo constituyen dos de aquellos instrumentos, tan idénticos como sea posible, colocados uno junto á otro. Uno de ambos tiene su bola envuelta en un lienzo mojado, que está constantemente húmedo por su comunicación con un vaso lleno de agua. El termómetro húmedo está tanto más bajo cuanto mayor sea la evaporación del lienzo húmedo que le envuelve, y esta evaporación aumenta con arreglo á la sequedad del aire. Por consiguiente, la diferencia de altura de los dos termómetros aumenta con la sequedad del aire y está en razón inversa de la proporción de humedad que contiene.

Fig. 58. – Higroscopio

La fórmula algebraica que expresa esta relación y permite calcular el estado higrométrico no puede ser analizada aquí. Pero en el Apéndice se encontrará una tabla psicrométrica indicando la tensión del vapor de agua, la humedad relativa y los puntos de rocío que corresponden á las diferencias de 1 á 10 grados entre el termómetro mojado y el termómetro seco del higrómetro. Se llama *tensión del vapor de agua* la humedad absoluta y se expresa en milímetros: esta tensión que se ejerce sobre el barómetro al mismo tiempo que el peso del aire, es, en efecto, sensiblemente proporcional al peso del vapor contenido en el aire. Si se indica la cantidad de vapor por el número de gramos que pesan los vapores de agua contenidos en un metro cúbico de aire, y la fuerza expansiva por el número de milímetros de la columna de mercurio que se equilibra con la tensión del vapor de agua, se obtienen números casi iguales; si, por ejemplo, un metro cúbico de aire contiene 5 gramos de vapor de agua, la tensión del vapor es de cerca de 5 milímetros, y recíprocamente. Se llama *humedad relativa* la relación que existe entre la cantidad de vapor que contiene realmente el aire y la que podría contener á la temperatura del momento de la observación, ó lo que

viene á ser lo mismo, la relación entre la tensión actual del vapor de agua realmente contenido en el aire y la que tendría si, á la misma temperatura, el aire estuviera saturado. Se llama *punto de rocío* el grado termométrico en el cual se condensa el vapor de agua esparcido por el aire. He aquí los PESOS DE VAPOR DE AGUA QUE PUEDE CONTENER UN METRO CÚBICO DE AIRE Á DIFERENTES TEMPERATURAS:

Grados	Gramos	Grados	Gramos	Grados	Gramos	Grados	Gramos
- 25	0,93	- 2	5,01	12	11,83	26	25,96
- 20	1,38	0	5,66	14	13,33	28	28,81
- 15	2,00	+ 2	6,42	16	14,97	30	31,93
- 10	2,87	4	7,32	18	16,76	32	35,45
- 8	3,30	6	8,25	20	18,77	34	39,12
- 6	3,80	8	9,30	22	20,91	36	43,17
- 4	4,37	10	10,57	24	23,36		

El agua se evapora sin cesar y á todos los grados, aun en el estado de hielo. Esta evaporación es la que alimenta la humedad del aire. En la superficie de los mares el aire está saturado de humedad; en los continentes varía según los lugares. En Cumana se evapora anualmente una capa de aire de $3^{m},52$, en Madera una capa de dos metros, en París una capa de 60 á 90 centímetros, según la temperatura, la lluvia, los vientos y el estado del cielo. La evaporación es tanto menor cuanto se avanza hacia los climas fríos. Si admitimos un metro de agua de altura para la evaporación media general (y por consiguiente también para la lluvia, la nieve y el rocío), deduciremos en consecuencia que el volumen total de las aguas elevadas por el calor solar es de 510 millones de metros cúbicos ó 510.000 millones de kilogramos.

Fig. 59. — Psicrómetro

El aire saturado no puede aumentar en humedad; la evaporación es tanto más grande cuanto el aire es más seco y más renovado por el viento. El acto de la evaporación va acompañado del enfriamiento. Un lienzo mojado extendido al viento es más frío que un objeto seco. Nuestra piel es siempre más fría de lo que sería sin la evaporación.

El estado higrométrico de la Atmósfera no es el mismo en toda su altura, como la proporción del oxígeno y del nitrógeno. Por lo general, aumenta desde la superficie del suelo hasta cierta elevación, donde se encuentra una máxima de humedad; luego decrece á medida que la altura es mayor, de tal suerte que elevándose á una altura bastante grande se llegaría á una región absolutamente desprovista de vapor de agua, absolutamente seca.

El estudio de la variación de la humedad atmosférica figuraba en primera línea en el programa de mis ascensiones científicas. He aquí el resultado de las observaciones que he hecho acerca de este punto.

En diez series de observaciones especiales que representan unas quinientas posiciones diferentes, la distribución del vapor de agua en las capas atmosféricas ha seguido una regla constante que puede enunciarse en estos términos:

1.° La humedad del aire va en aumento desde la superficie del suelo hasta llegar á cierta altura; 2.° alcanza una zona donde se mantiene en su máximo; 3.° decrece á partir de esta zona, y sigue disminuyendo á medida que se eleva en las regiones superiores.

Esta zona, á la que daré el nombre de *zona de humedad máxima*, varía de altura, según las horas, las épocas y el estado del cielo.

No la he encontrado sino en raras circunstancias (principalmente al rayar la aurora) inmediata á la superficie del suelo.

Esta marcha general de la humedad es constante, ya esté el cielo sereno ó nublado, manifestándose en las observaciones hechas durante la noche lo mismo que en las diurnas.

Los cuadros higrométricos formados después de cada viaje demuestran evidentemente la permanencia de esta ley.

Preséntanse diferencias considerables con respecto á la altura de la zona máxima y á la proporción del aumento de humedad. Por ejemplo, el 10 de junio de 1867, á las cuatro de la mañana, soplando el viento NE., á la salida del sol, y en el lindero del bosque de Fontainebleau, la zona máxima se hallaba tan sólo á 150 metros de la superficie del suelo. El higrómetro construído especialmente para estos estudios marca 93 grados al nivel del suelo, y se eleva rápidamente hasta 98, al llegar á los 150 metros. A partir de allí, va descendiendo ya á medida que el aeróstato se eleva, marcando 92 á 300 metros, 86 á 750, 65 á 1.100, 60 á 1.350, 54 á 1.700, 48 á 1.900, 43 á 2.200, 36 á 2.400, 30 á 2.600, 28 á 2.900, 26 á 3.000 y 25 á 3.300. La atmósfera estaba sumamente despejada y sin la más ligera nube.

En otra ascensión, verificada el 15 de julio, al descender á las 5 y 40 minutos de la mañana con viento SO. de una altitud de 2.400 sobre el Rhin, en Colonia, hallé la zona máxima á 1.100 metros. El cielo no estaba enteramente sereno. La humedad relativa del aire era de 62 grados á 2.600 metros, de 64 á 2.200, de 75 á 2.000, de 85 á 1.800, de 90 á 1.600, de 92 á 1.550, de 95 á 1.330, y de 98 á 1.100. Esta era la zona máxima: luego disminuía la humedad conforme bajaba el aeróstato. A los 890 metros descendió ya á 92 grados, á los 706 á 90, á los 510 á 87, á los 240 á 84, á los 50 á 83, y al llegar á la superficie del suelo era de 82. Durante el mismo descenso, el termómetro se había elevado de 2 á 18 grados centígrados.

El 15 de abril de 1868 salí á las tres de la tarde, con viento N., del jardín del Conservatorio de Artes y Oficios, y observé una marcha análoga en la variación

de la humedad. Al remontarme en el jardín, el higrómetro marcaba 73 grados, se elevó á 74 á los 776 metros, á 75 á los 900, á 76 á los 1.040 y á 77 á los 1.150. Esta era la posición de la zona máxima. La humedad disminuyó en seguida constante y progresivamente; siendo de 76 á los 1.230 metros, de 73 á los 1.345, de 71 á los 1.400, de 69 á los 1.450, de 67 á los 1.490, de 64 á los 1.545, de 62 á los 1.573, de 59 á los 1.608, y de 56 á los 1.650. A los 2.000 metros la humedad ambiente bajó á 48 grados, á los 2.400 á 36, á los 3.000 á 31, y á los 4.000 á 19.

Durante aquella ascensión el cielo estaba nublado. El máximo de humedad resultaba un poco por debajo de la superficie inferior de las nubes.

El 23 de junio de 1867, á las cinco de la tarde y con un viento NNE., la zona máxima estaba á 555, y también debajo de las nubes.

Así, pues, el resultado general demuestra que la humedad aumenta desde la superficie del suelo hasta una altura variable, y disminuye en seguida hasta las más considerables. No me creo aún en el derecho de precisar estas variaciones proporcionales, porque hay causas complejas que hacen difícil el deslinde de las reglas. Independientemente de la altura, la humedad del aire varía según la hora, según la elevación del Sol sobre el horizonte, según el estado del cielo, y á veces también según la naturaleza seca ó húmeda de los terrenos sobre los que pasa el aeróstato. A pesar de esto, creo que puede muy bien adoptarse como una observación constante la ley enunciada más arriba, é insisto tanto más sobre este punto cuanto que el conocimiento de la variación de la humedad relativa del aire se considera como el elemento más importante de las bases meteorológicas (1).

No me aventuraré á trazar un diagrama de la variación de la humedad según la altura, conforme lo he hecho con la diminución de la presión atmosférica y de la temperatura, porque mis observaciones no son lo suficientemente numerosas ni precisas para ello. Las de M. Glaisher, en Inglaterra, son mucho más rigurosas, habiéndose practicado con todos los aparatos higrométricos comparados. Su resultado demuestra que, como forma general, la humedad va en aumento en las Islas Británicas desde la superficie del suelo hasta los 1.000 metros próximamente, y disminuye en seguida irregularmente. En la figura 60 se ve que la humedad se ha elevado, desde los 60° al nivel del suelo, á 72 hacia los 900 metros, para decrecer en seguida casi constantemente hasta los 6.500 metros, donde no pasa de 16°.

Las observaciones hechas en las montañas confirman el aumento observado primeramente según la altura. Kaemtz ha anotado un término medio de 84°,3 en el Righi cuando en el llano, en Zurich, era de 74°,6. Bravais y Martíns han visto que el número de grados era de 75°,9 en la cumbre del Faulhorn, al paso que en Milán consistía en 63,2. Más allá de los 1.000 metros de altura, la hume-

(1) Extracto de los *Comptes rendus de l'Academie des Sciences*, 1868, pág. 1052.

dad va disminuyendo, á pesar de los aumentos particulares que de distancia en distancia le comunican ciertas corrientes superpuestas.

La humedad relativa del aire varía en la superficie del suelo según las horas del día, en correspondencia inversa con la temperatura. Cuanto más cálido es el aire, más seco se presenta; cuanto más frío, menos humedad se requiere para saturarle de ella.

En nuestras regiones templadas se ve regularmente que el estado higromé-

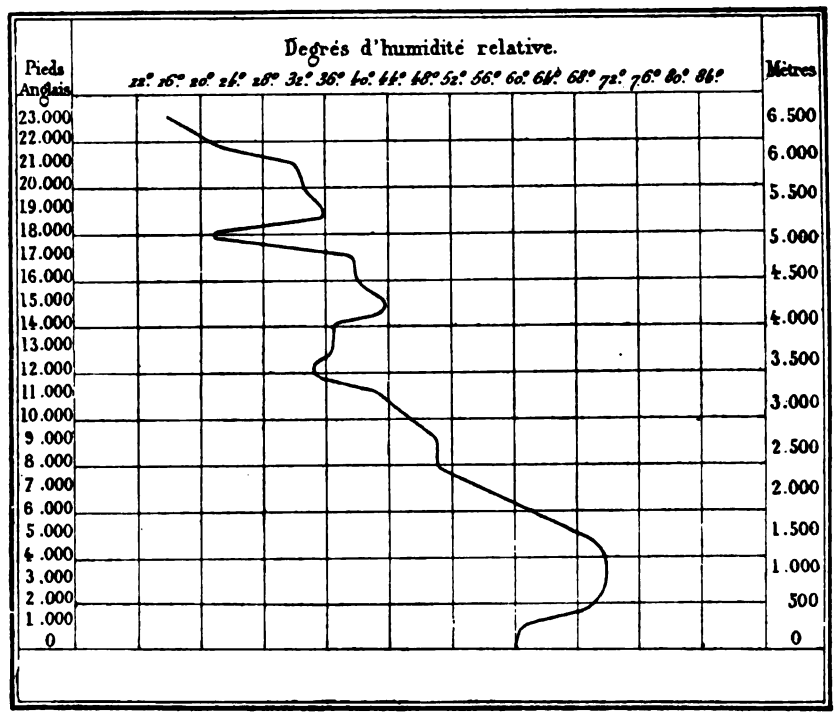


Fig. 60. – Variación de la humedad del aire según la altura

trico del aire aumenta al salir el Sol, durante el mínimo de temperatura, descendiendo luego á eso de las dos de la tarde cuando el calor llega á su máximo, y aumentando de nuevo al caer la tarde y durante la noche. Esta variación diurna, respectivamente inversa, del higrómetro y del barómetro puede apreciarse fácilmente examinando la figura 61 que representa el promedio de una larga serie de observaciones hechas por Kaemtz en Halle. Las curvas trazadas en ella son las del mes de julio, por ser el que ofrece mayor contraste.

El estado higrométrico del aire, que tanto influye en la conservación de la vida en la superficie del planeta, varía de un modo análogo según las estaciones. Después de veinte años de observaciones cotidianas (1843-1863) hechas en

Bruselas con el higrómetro de Saussure y el psicrómetro de August, ha deducido M. Quetelet como promedio del mediodía las cifras siguientes:

Enero	87°3
Febrero	83 5
Marzo	73 5
Abril	65 9
Mayo	64 8
Junio	64 2
Julio	66 8
Agosto	68 3
Septiembre	73 7
Octubre	80 4
Noviembre	85 2
Diciembre	89 0

Se ve que el máximo de humedad relativa tiene lugar en diciembre y el mínimo en junio. La figura 62 representa 1 grado higrométrico por milímetro, sobre la línea de 60 grados tomada por base.

Esa humedad atmosférica invisible, cuya presencia no se adivina sino cuando se emplean para ello delicadísimos aparatos imaginados para medirla, sin embargo de lo cual da á las campiñas todo su valor, los tintes de la esmeralda á las praderas de la verde Erín, su color azul al cielo del Mediterráneo, su admirable esplendor á los vegetales de los trópicos, esa humedad invisible se hace visible tan luego como un descenso de temperatura la lleva á su punto de satu-

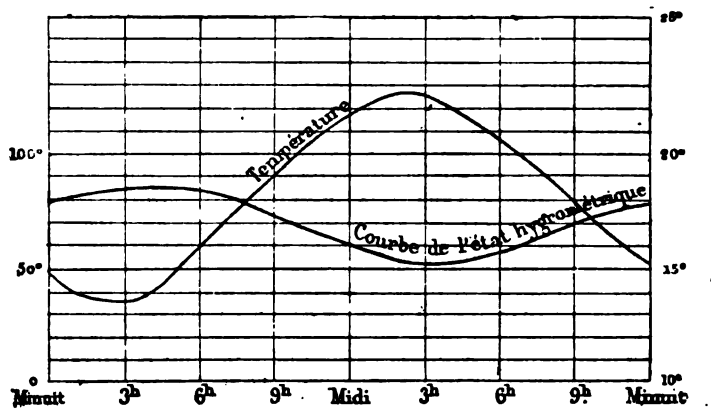


Fig. 61. – Variación diurna de la humedad atmosférica

ración. Si es el aire el que sufre un enfriamiento, se pone opaco á consecuencia del paso del vapor al estado líquido, y entonces forma la niebla. Si es un cuerpo sólido el que adquiere dicho enfriamiento, la humedad se condensa en su superficie, y resulta el rocío.

El *rocío* no cae del cielo, como se asegura en los libritos de lectura de nues-

tras escuelas; su origen no tiene nada de común con el de la lluvia, sino que *se forma* en el punto mismo en que se le observa.

Si se ponen al aire libre, durante una noche tranquila y serena, pequeñas masas de hierba, algodón, pluma ó de cualquier otra materia filamentosa, se verá al cabo de cierto tiempo que su temperatura es de 6, 7 y aun 8 grados inferior á la de la atmósfera ambiente.

En los sitios donde no penetra la luz del Sol y desde los que se descubre una gran extensión del cielo, la diferencia entre la temperatura de la hierba, del algodón, etc., empieza á sentirse hacia las tres ó las cuatro de la tarde, es decir, tan luego como la temperatura disminuye; por la mañana, subsiste muchas horas después de la salida del Sol.

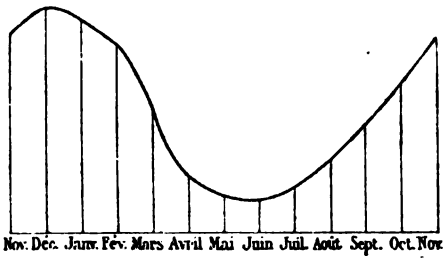


Fig. 62. – Variación mensual de la humedad atmosférica

Las observaciones del físico Wells, continuadas por Arago, han demostrado que, durante una noche serena, la hierba de un prado puede ser 6 ó 7 grados más fría que el aire; mas si se presentan algunas nubes, el calor de la hierba aumenta en 5 ó 6 grados, aun cuando no cambie la temperatura de la Atmósfera.

Un termómetro en contacto con un copo de lana puesto sobre una tabla colocada á un metro de altura del suelo, marcaba, con un tiempo tranquilo y sereno, 5 grados menos que otro termómetro cuya bola se hallaba en contacto con otro copo de lana enteramente igual, pero colocado en la cara inferior de la misma tabla.

Este enfriamiento se debe á la irradiación nocturna. Cuando nada se opone á que el calor de un cuerpo se disperse, este cuerpo irradia á cierta distancia dicho calor y lo va perdiendo poco á poco. El aire transparente no basta para oponerse á esta pérdida de calor; pero sí bastarían una nube, una pantalla de madera, de palastro, de papel y hasta el humo. No habiendo obstáculos, el cuerpo se enfría según su facultad radiante, que en cuanto á lo demás difiere conforme á los cuerpos (es muy fuerte en el vidrio y muy débil en los metales); y cuando la temperatura del cuerpo así expuesto ha pasado al grado de saturación, depositase en él la humedad atmosférica, adquiriendo primeramente la forma de gotitas esferoidales, que es la que toma todo conjunto de moléculas entregado á sus fuerzas íntimas de cohesión; y cuando dichas gotas son bastante pesadas y están muy apiñadas, se extienden como una capa de agua por la superficie de los cuerpos.

El rocío no se presenta en abundancia sino durante las noches claras y tranquilas. En las nubladas, se advierten algunas huellas de él si no hace viento, ó aun cuando lo haga, si el tiempo está tranquilo; pero jamás se forman cuando el viento sopla á la vez que el cielo está nublado.

Las circunstancias favorables para una precipitación abundante de rocío se hallan reunidas en la primavera, y sobre todo en otoño, más comúnmente que en verano. Conviene recordar un hecho que debe estar íntimamente ligado al precedente, el cual consiste en que las diferencias entre las temperaturas del día y las de la noche nunca son tan grandes como en la primavera y en el otoño.

Los fenómenos de la precipitación del rocío en un cuerpo denso y terso, como por ejemplo en una placa de vidrio, son enteramente análogos á los que se observan cuando se expone un cristal á una corriente de vapor de agua más caliente que él; primeramente una capa ligera y uniforme de humedad empaña la superficie; en seguida se forman gotitas irregulares y aplanadas que se reunen después de haber adquirido cierto volumen, y se deslizan entonces en todas direcciones.

Fig. 63. – Gotas de rocío

Esto se ve todos los días cuando se llevan á una habitación abrigada objetos que se han enfriado en una estancia inmediata donde hace bastante frío; todos estos objetos se cubren de humedad. Esta es la razón de que la vajilla de cristal en que se sirven los postres en un comedor cuyo aire está saturado de vapor por la evaporación de los manjares, la respiración de los convidados y la combustión de toda clase de luces, se cubre inmediatamente de una espesa capa de rocío producido por el vapor invisible del aire ambiente. Sucede con frecuencia que, al entrar en la platea de un teatro, los cristales de los gemelos, enfriados por el aire exterior, se empañan á causa de un depósito semejante de humedad, que es un verdadero depósito de rocío.

Si durante los fríos del invierno se abre una ventana en un comedor donde haya celebrado un largo banquete cierto número de personas, se forma instantáneamente una nube al paso del aire frío, y en el techo aparece una extensa mancha de vapor condensado.

El rocío es un fenómeno considerable, no tan sólo por la cantidad absoluta que recibe un punto del globo, sino también por la extensión de las superficies en que se manifiesta. En las regiones tropicales es donde produce principalmente los efectos más marcados y favorables en la vegetación. Cuando el aire, saturado de vapor á la temperatura de 30°, contiene más de 30 gramos de agua por metro cúbico, se deposita abundantemente durante la noche, se desliza por las hojas, y á la mañana siguiente se ve también la hierba bañada en rocío lo mismo que hubiera podido estarlo por la lluvia. Por otra parte, reemplaza con frecuencia á la lluvia para el riego de las plantas, que sin él perecerían de sequedad.

Es posible averiguar la mayor ó menor abundancia de rocío, pero no puede medirse porque no cae como la lluvia. Su aparición depende de la facultad de irradiación del cuerpo mojado por él, pues sólo se deposita en las substancias más frías que el aire ambiente, y en cantidad tanto más considerable cuanto más marcada sea la diferencia de temperatura.

Las tierras sembradas, los barbechos, los campos cultivados, los bosques, los peñascos, la arena presentarán cantidades muy variables de rocío. Hay más: la rapidez, la intensidad de su enfriamiento, el depósito de rocío que es su consecuencia, se relacionan con la distancia á que se hallan del suelo, con su color más ó menos obscuro, y con la tersura ó rugosidad de su epidermis. El rocío gotea de las hojas de un plantío de remolachas, mientras que en un campo inmediato apenas están humedecidas las matas de las patatas.

M. Boussingault ha probado á medir estas cantidades de rocío.

Durante ciertas noches en que éste se presentó con abundancia, se constituyó en las praderas de las orillas del Sauer (Bajo Rhin) antes de la salida del Sol, y allí fué enjugando con una esponja la hierba en una superficie de 4 metros cuadrados: después colocó el agua resultante en un frasco y la pesó.

El rocío recogido en 4 metros cuadrados excedió, á veces, de un kilogramo.

Por término medio, el rocío recogido en la pradera representaba una lluvia de 14 milímetros, equivalente á 1.400 litros de agua caídos en una superficie de una hectárea; volumen muy escaso sin duda para reemplazar el riego, pero que no por eso deja de ser muy útil, tanto para los prados como para las tierras cultivadas, puesto que atenúa los malos efectos causados por sequías prolongadas.

El rocío y la niebla contienen á corta diferencia las mismas proporciones de amoníaco y de ácido nítrico, guardando además uno y otra la mayor analogía con la lluvia cuando empieza á caer, y cuando es, en cierto modo, el primer lavado del aire. Y en efecto, la primera agua que cae, sobre todo después de una larga sequía, es la que contiene más ácido carbónico, carbonato y nitrato de amoníaco, más materias orgánicas, más polvillos de toda clase, que forman las inmundicias de la Atmósfera. Si llegara un día á emprenderse un estudio formal de todas las substancias que existen en el aire, aunque en cantidades infinitamente pequeñas, habría que buscarlas en la niebla, en el rocío, en las primeras gotas de lluvia, en los primeros copos de nieve y en el granizo; en una palabra, se las hallará reunidas y concentradas en los meteoros acuosos.

La escarcha, tan funesta para los vegetales en las mañanas de primavera, no es otra cosa sino rocío, helado por la misma causa que lo ha formado: la radiación nocturna.

La Luna no entra absolutamente para nada en estas heladas de la primavera; no se la ve cuando el cielo está cubierto, y se ha asociado á las heladas de primavera la ausencia y la presencia de la Luna. Es siempre la repetición del viejo adagio latino: *cum hoc, ergo propter hoc.*

¿Acaso no habrá algún medio de preservar de su acción destructora los campos cultivados demasiado extensos para poder abrigarlos de algún modo? Existe, en efecto, y consiste en enturbiar la transparencia del aire, medio empleado desde tiempo inmemorial por los indios con el mejor éxito.

Según M. Boussingault, los indígenas del Alto Perú, expuestos á quedarse sin cosechas por efecto de la radiación nocturna, solían quemar montones de paja húmeda ó de estiércol cuando la noche empezaba de modo que les inspirara temor aquélla, es decir, cuando las estrellas lanzaban vivos destellos y no soplaba el viento, procurando empañar la transparencia del aire con el humo producido por dichas hogueras.

Plinio indicó asimismo los buenos resultados que podían esperarse del humo para evitar la congelación nocturna. «La Luna llena, dice, no es nociva sino cuando el tiempo está perfectamente sereno y el aire sosegado; porque habiendo nubes ó viento, el rocío no cae. No faltan, sin embargo, remedios contra estas influencias. Cuando inspiren recelos, se quemarán sarmientos ó montones de paja, ó hierbas, ó ramaje seco: el humo que produzcan será un preservativo... La constelación que conocemos con el nombre de canícula decide de la suerte de las uvas. Dícese entonces que la vid se carboniza, abrasada por la enfermedad como por un ascua.»

Así en el viejo como en el nuevo continente se ha apelado el medio de substraer los sembrados á los efectos desastrosos de un descenso de temperatura demasiado rápido, alterando la diafanidad de una atmósfera que no se renueva.

La conquista dió naturalmente al traste con el culto de los Incas. No se permitió ya á los indios que conjuraran los efectos perniciosos del frío nocturno ofreciendo sacrificios á sus divinidades; ya no se encendieron hogueras en los campos, por considerarlo sin duda como una idolatría, y por ignorar los admirables experimentos de Wells. Sin embargo, se oraba para apartar una calamidad que amenazaba incesantemente; pero las oraciones sin humo no siempre han sido eficaces.

Una de las causas que han contribuído en Europa á que se renunciara á tomar en interés de los cultivos una precaución cuyos excelentes resultados no pueden ponerse en duda, ha sido la dificultad de hallarse siempre en disposición de tomarla á tiempo. La helada por radiación nocturna es un fenómeno instantáneo, y no siempre se tiene á mano el combustible necesario, y sobre todo un combustible á propósito, es decir, que arda poco á poco y produzca mucho humo. Bien es verdad que ningún labrador se decidiría voluntariamente á sacrificar el estiércol, del que siempre se muestra avaro, y cuando se tratara de quemarlo, demostraría toda la apatía de un indio. Las hogueras de paja húmeda tienen el doble inconveniente de ser bastante costosas y de que, si llegaran á adquirir cierta intensidad, serían tan peligrosas como inútiles, porque la cuestión no es producir llama.

¿Cuáles son las materias más baratas y que esparcen más humo? M. Boussingault ha planteado esta cuestión en la Academia de Ciencias. El resultado de la discusión fué que se deberían emplear, como combustibles capaces de enturbiar una gran masa de aire, la brea de hulla, la naftalina, la resina, los betunes minerales ó vegetales, y la turba. Estas substancias son de escaso valor.

La intervención del humo para precaver la radiación nocturna solamente tiene razón de ser cuando el cielo está despejado y la Atmósfera en perfecta calma; por consiguiente, esta precaución no exige más que un gasto insignificante, pues en este caso con poco humo habría bastante para enturbiar una enorme masa de aire nocturno, si el cielo estaba sereno y la Atmósfera tranquila.

Habiendo observado A. Wilson en 1771 la marcha de un termómetro durante una noche de invierno que ofreció muchas alternativas de bruma y de claridad, vió que subía constantemente como medio grado en el mismo instante en que la Atmósfera se obscurecía, y que volvía al punto de partida cuando se disipaban las brumas. En concepto del hijo del mismo físico, Patrick Wilson, el efecto instantáneo de las nubes en un termómetro puesto al aire libre puede elevarse á $1^{0},7$. Este es también, poco más ó menos, el resultado obtenido por Pictet en 1777.

Al mismo Pictet se debe el descubrimiento de una circunstancia curiosa, cual es la de que en las noches tranquilas y serenas, en lugar de ir disminuyendo la temperatura del aire á medida que uno se aleja del suelo, presenta, por el contrario, á lo menos en ciertas alturas, una progresión creciente. Un termómetro, colocado á $2^{m},50$ de elevación, marcó toda la noche $2^{0},5$ centígrados menos que otro instrumento enteramente igual colgado en la punta de un poste vertical de 17 metros. Ambos instrumentos señalaban los mismos grados dos horas después de la salida del Sol y dos antes de su puesta; hacia el mediodía, el termómetro próximo al suelo marcaba á menudo 2 grados 5 centígrados más que el otro; y con un cielo enteramente nublado, los dos instrumentos tenían la misma marcha, así de día como de noche.

Se han confirmado estas observaciones de Pictet. Habiendo colocado Wells en los cuatro ángulos de un cuadrado de $c^{m},60$ otras tantas estacas delgadas, cada una de las cuales se elevaba $0^{m},15$ perpendicularmente á la superficie de un prado, extendió horizontalmente sobre sus extremos un pañuelo de batista muy fino, y comparó en las noches claras las temperaturas del pequeño cuadro de césped que correspondía verticalmente á dicha pantalla tan tenue con la de los puntos inmediatos que estaban enteramente descubiertos. El césped preservado de la radiación por el pañuelo de batista tenía algunas veces 6^{0} centígrados de calor más que el otro; cuando éste estaba fuertemente helado, la temperatura del césped privado de la vista del cielo por el mismo lienzo que le cubría á $0^{m},15$ de distancia, estaba aún á algunos grados sobre cero. Con un tiempo enteramente nublado, una pantalla de batista, de estera ó de cualquier otro género apenas produce un efecto apreciable.

M. Glaisher averiguó en el Observatorio de Greenwich, después de tres años de experimentos continuados, que la temperatura del aire á 22 pies de altura es más elevada que á 4 pies, á todas las horas del día y de la noche durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero; desde el obscurecer hasta el amanecer en los de mayo, junio y julio; y durante la noche y la tarde en los de marzo, abril, agosto, septiembre y octubre. A 50 pies de altura, la temperatura es también más elevada por espacio de todo el año. Estando el cielo nublado, aquella es siempre la misma.

En el mes de junio de 1871 MM. Sainte-Claire-Deville y Elías de Beaumont llamaron la atención de la Academia de Ciencias acerca de las heladas tardías, con motivo de la del 18 de mayo que se extendió por los viñedos y los campos cultivados de las inmediaciones de París y del centro de la Francia. Habiéndoseme helado una viña de mi propiedad en el Alto Marne, demostré por medio de algunas comparaciones que aquella desastrosa helada se extendió también por el Este y por la mitad de la Francia á la misma hora.

El solo medio fácil de impedir estas heladas es la producción de humo durante las dos ó tres horas de la madrugada en que son temibles. Mediante la asociación, este medio daría buen resultado con poco coste.

Se han observado heladas más tardías aún. Así, el 7 de julio de 1887 por la mañana, una blanca helada muy fuerte causó grandes estragos en Bélgica helando por entero los campos de patatas, remolacha, tabaco, etc. Otra helada semejante había sido ya observada en la misma región (Ardennes) el 17 de julio de 1863. Entonces se formó el hielo sobre las hojas y aun sobre los depósitos de agua y estanques.

Gracias á la intensidad de la radiación nocturna se podría obtener ciertamente, durante las noches más claras de julio y agosto, en el centro mismo de Francia, una delgada capa de hielo exponiendo simplemente ligeras capas de agua á esta radiación. A la salida del Sol se unen los efectos de la radiación y de la evaporación para producir un enfriamiento más intenso.

A propósito del vapor de agua esparcido en la Atmósfera, añadamos, para terminar, que su cantidad total ha sido evaluada en 85 millones de millares de kilogramos. Este número tan enorme no representa por tanto más que un espesor de 108 milímetros sobre toda la superficie del globo; pero no obstante, si todo este vapor viniera á condensarse en agua encima de la cuenca de un río, el Sena por ejemplo, éste debería circular con un aumento de un metro sobre su nivel medio, durante 13.500 años, para agotarlo.

CAPITULO II

LAS NUBES

QUÉ ES UNA NUBE.—MODO DE FORMARSE.—LA NIEBLA.—OBSERVACIONES HECHAS EN GLOBO Y EN LAS MONTAÑAS.—DIFERENTES ESPECIES DE NUBES.—SUS FORMAS.—SU ALTURA.

El vapor de agua *invisible* diseminado por la Atmósfera, cuya distribución y variaciones acabamos de estudiar, se hace *visible* cuando cierto descenso en la temperatura ó un aumento de humedad le hace pasar al punto de saturación. Supongamos, por ejemplo, que una cantidad de aire á 30 grados contenga 31 gramos de vapor de agua; este aire será perfectamente transparente. Peró si por una causa cualquiera bajase á 25 grados ó recibiera nueva humedad, sufriría una alteración y se pondría opaco. Cinco grados menos de calor le privarán de siete gramos de vapor de agua que, al condensarse, se hace visible. Pues en esto consiste una nube: en el vapor de agua que el aire no puede ya absorber cuando está bien saturado de él, y que se percibe al pasar al estado de pequeñas vesículas.

El paso del estado gaseoso al líquido puede verificarse en cualquier parte y á cualquier elevación. Cuando tiene lugar al nivel del suelo recibe el nombre de *niebla*, por más que no haya diferencia esencial entre ésta y una nube. Cuando se atraviesan las nubes en un globo, lo cual me ha sucedido muchas veces, no se encuentra ninguna resistencia; únicamente sucede que el aire es más ó menos opaco, más ó menos frío, más ó menos húmedo, variedad que se encuentra también en la superficie del suelo según la diversidad de las nieblas. Lo mismo sucede cuando se atraviesan nubes en las montañas.

Aun cuando no haya diferencia *esencial* entre las nieblas y las nubes, hay, sin embargo, una de hecho, la cual consiste en que una niebla es un *sitio* en el cual el vapor de agua pasa del estado invisible al visible, mientras que una nube es un *objeto* individual, una agrupación de vapores visible con arreglo á una forma determinada. La primera es *inmóvil;* la segunda *movible.*

Ocupémonos primeramente de la niebla.

Examinada con la lente, se ve que está compuesta de corpúsculos opacos. Si se estudia más detenidamente, se advierte que estos corpúsculos están compuestos de agua sometida á las leyes de la gravitación universal, y que las moléculas de este líquido se agrupan en forma de esferillas análogas á las del mer-

curio agitado. Pero estas esferillas ¿son macizas ó huecas? Cuestión es esta que tiene divididos á los meteorologistas. La opinión emitida ya por Halley de que dichas esferillas son huecas y el agua hace solamente las veces de cubierta, parece más fundada que la contraria. Sin embargo, es probable que estén mezcladas con un número considerable de gotitas de agua.

Tómese una taza llena de un líquido de color obscuro, como el café ó la tinta china disuelta en agua; caliéntese exponiéndolo después al Sol en un sitio despejado; si el aire está tranquilo, el vapor sube y desaparece en breve; si se observa con la lente, se verá cómo se van elevando muchos globulillos. Los más pequeños atraviesan rápidamente el campo del cristal de aumento, y los otros vuelven á caer en la superficie del líquido. Saussure añade que las pequeñas vesículas que se elevan son tan diferentes de las que vuelven á caer, que es imposible poner en duda que las primeras sean huecas.

Los caracteres que ofrecen ante la luz confirman esta opinión, pues no presentan el vivo centelleo que en las gotitas llenas expuestas á una luz muy viva.

Todo el mundo ha podido observar que las burbujas de jabón están á menudo adornadas de los más bellos colores; estos se observan también en las burbujas formadas de substancias viscosas, las cuales pueden estudiarse con tanta mayor facilidad cuanto que subsisten mucho más tiempo. Estos colores resultan de que los rayos incidentes quedan divididos en dos porciones; los unos son reflejados por la superficie anterior; los otros la atraviesan, pero siendo reflejados en parte por la superficie posterior. La cubierta de la esfera debe ser muy delgada para que tengan lugar estas apariencias. Habiendo examinado Kratzenstein, al Sol y á través de un cristal de aumento, las vesículas que se elevan del agua caliente, observó en su superficie anillos de colores semejantes á los de las burbujas de jabón, y no tan sólo se convenció de que su estructura es análoga á la de éstas, sino que pudo calcular el espesor de su cubierta.

Saussure y Kratzenstein han procurado medir con el auxilio del microscopio el diámetro de las vesículas que componen el vapor de agua, pero no es posible llegar á un resultado definitivo, porque las que se trata de medir son las de la niebla y no las que se elevan del vapor de agua; por fortuna, algunos de los fenómenos ópticos que tienen lugar cuando el Sol luce á través de las nubes ó de las nieblas nos deparan un medio de llegar al resultado que se busca.

Kaemtz ha efectuado un gran número de medidas en la Alemania central y en Suiza, y ha visto que el diámetro de las vesículas de la niebla es por término medio de 22 milésimas de milímetro, y que varía como sigue según las estaciones:

DIÁMETRO DE LAS VESÍCULAS DE LA NIEBLA

	Milésimas de milímetro
Enero	0,027
Febrero	0,035
Marzo	0,020
Abril	0 019

	Milésimas de milímetro
Mayo	0,015
Junio	0,018
Julio	0,017
Agosto	0,014
Septiembre	0,022
Octubre	0,020
Noviembre	0,024
Diciembre	0,034

Se ve que existe una progresión bastante regular desde el invierno hasta el verano, porque las anomalías dependen del número insuficiente de las observaciones existentes. Por consiguiente, cuando el aire es muy húmedo en invierno, el diámetro de las vesículas es dos veces mayor que en verano cuando aquel es seco; pero también cambia este diámetro en un mismo mes; alcanza su *mínimum* cuando hace muy buen tiempo, aumenta tan luego como hay indicios de lluvia y antes de que ésta caiga es muy desigual en la misma nube, que probablemente contiene un gran número de gotas de agua mezcladas con vapor vesicular.

El otoño, como la primavera, es la estación de los rocíos abundantes; el enfriamiento de la Tierra en las noches claras, y la humedad del aire más propensa á la precipitación que en el verano, hacen que el agua atmosférica se vaya acumulando en los objetos terrestres enfriados.

Acontece á menudo en otoño que el enfriamiento nocturno de la Tierra se comunica progresivamente á la capa de aire que la rodea inmediatamente, dando origen á esas neblinas que los rayos del Sol disipan en poco tiempo. Si el terreno tiene algunos valles, el aire frío de la niebla cae en ellos y forma á la vista del observador, situado en una llanura elevada, un mar blanco perfectamente á nivel. En mi niñez he contemplado con mucha frecuencia, antes de la salida del Sol y desde lo alto de los baluartes de la ciudad de Langres, ese océano de vapores grises extendido sobre el valle del Marne, y cuyas olas venían á humedecer el baluarte á algunos metros bajo mis pies. La altura de dichos baluartes es de 450 metros sobre el nivel del mar. En el invierno, la vista se extiende á veces desde ellos, antes de la salida del Sol, por encima de las nieblas de la llanura y con un cielo enteramente despejado, hasta una distancia tan considerable que se distingue perfectamente sin necesidad de anteojo la silueta del Monte Blanco. ¡Oh impresiones remotas que herís nuestras primeras miradas de niños curiosos!, ¡con cuánta fidelidad quedáis grabadas en la retina de nuestros pensamientos, á pesar de los años y de los sinsabores de la vida!

Para disfrutar de este espectáculo en toda su imponente majestad, es preciso abarcar desde la cumbre de una montaña elevada un vasto horizonte al salir el Sol, después de un día en que las nubes han cubierto la región inferior. Las nubes, agitadas de mil modos por los rayos del Sol y por los vientos ligeros que son su consecuencia, no ofrecen durante el día una superficie bien plana. Pero por la noche todo se nivela, todo se equilibra, y á los pies del observador se ex-

tiende hasta perderse de vista un mar de vapores aéreos. Las enhiestas cumbres de las montañas que lo rodean atraviesan aquí y allá el océano nebuloso, sobre el cual, aunque rara vez, aparece algún águila matinal, no tanto para admirar tan pintoresco espectáculo y saludar á la naturaleza, cuanto para buscar alguna presa más fácil de atrapar en aquel momento que en mitad del día. Al despuntar los primeros rayos del Sol, elévanse del seno de la masa nebulosa redondas columnas de un vapor blanquecino que se disipan en seguida en el aire ambiente como el humo blanco de las locomotoras se disipa en el aire adonde va á parar. Si el observador se encuentra en un valle, en medio de la niebla, advierte cómo los rayos del Sol, tamizándose á través del follaje, trazan brillantes surcos luminosos, cuyo conjunto forma lo que se llama una *gloria* á unos cuantos metros de altura. Esta gloria, que brota del árbol metido en la niebla, recuerda la zarza inflamada de Moisés.

Pero no es necesario ocupar la cima de una montaña para tener bajo los ojos la superficie superior de una capa de niebla. Algunas veces son suficientes algunas decenas de metros de elevación vertical. Con frecuencia, en octubre, antes de salir el Sol, he contemplado desde el Observatorio de Juvisy, cuyo tejado está sólo á 66 metros sobre el nivel del Sena, un verdadero mar de nubes análogo al que se puede ver desde el Puy de Dôme ó de Langles, extendiéndose sobre todo el valle del Sena y del Orge, removido algunas veces por erupciones fantásticas lanzadas por las invisibles locomotoras que pasan bajo esta capa nebulosa con la superficie blanca como de nieve.

Algunas veces sólo la superficie de los ríos se cubre de una densa niebla, porque el agua desprende vapores que se condensan en el aire que los rodea y que se enfría después de la puesta del Sol. El aire adquiere en pocos momentos la temperatura de los cuerpos con quienes se halla en contacto. Durante una noche tranquila y serena, la porción de la Atmósfera que descanse sobre el agua será por consiguiente más cálida que la que pese sobre las orillas.

Con un tiempo sereno, las capas inferiores de la Atmósfera que hay donde el agua abunda se recargan de cuanta humedad admite su temperatura. Ya hemos visto que la cantidad de humedad que el aire contiene cuando está saturado de ella es constante para cada temperatura. Si el aire saturado se enfría por el contacto de un cuerpo sólido, deposita en la superficie de este cuerpo una porción de su humedad; pero cuando el enfriamiento tiene lugar en el seno mismo de la masa gaseosa, la humedad abandonada se precipita en pequeñas vesículas flotantes que enturbian su transparencia, siendo estas vesículas las que constituyen las nubes y las nieblas.

Así, mientras que para dar origen al rocío es necesario que el aire caliente y húmedo encuentre objetos fríos, para producir la niebla ó una nube es preciso que el aire caliente sea detenido por el frío. La niebla se forma cuando el suelo ha estado más caliente que el aire, condición inversa de la producción del rocío. Todas las veces que una cantidad de aire cualquiera es enfriada por de-

bajo de su punto de saturación, el vapor de agua transparente del aire se transforma en nube.

Supongamos que una circunstancia cualquiera, como por ejemplo un pequeño declive del terreno ó un ligero soplo de viento, haga que el aire de la orilla se mezcle con el que descansa en la superficie de un río ó de un lago; el primero, que es más frío, enfría al segundo; éste abandona en seguida una parte de la humedad que contiene y que hasta entonces no alteraba su diafanidad; mas como dicha humedad cae en estado de vapor vesicular, el aire se enturbia, resultando una densa niebla cuando el número de las vesículas flotantes es muy considerable. Las partículas en suspensión en el aire, especialmente el humo de las fábricas, ayudan mucho á la formación de la niebla.

La distribución de las nieblas en el transcurso del año está en relación con la de la humedad y la de la temperatura, siendo aquéllas mucho más numerosas en invierno que en verano. El Observatorio de Bruselas, que las anota con cuidado, nos ofrece como ejemplo las cifras siguientes relativas al *número de días de niebla* por espacio de treinta años:

Enero	259
Febrero	168
Marzo	138
Abril	62
Mayo	71
Junio	42
Julio	28
Agosto	76
Septiembre	159
Octubre	228
Noviembre	276
Diciembre	315
TOTAL	1822

En ciertas ocasiones, la niebla es muy espesa, termina por una superficie plana como una sábana de agua, y se eleva lentamente á través de un aire tranquilo, envolviéndolo todo en su viscosidad fría y húmeda. M. Raynal, el ingenioso y audaz marino que naufragó en 1864 en los arrecifes de las islas Auckland, tuvo ocasión de observar y pasar por un ejemplo raro de esta clase de nieblas. Habiendo subido el 9 de agosto á una montaña de la isla, la bajaba con uno de sus compañeros, caminando por una delgada arista entre dos precipicios, cuando una espesa niebla los envolvió de repente.

«Era imposible dar un paso más, dice M. Raynal (*La vuelta al mundo*, 1869, tomo II, pág. 35); no veíamos dónde poner el pie. Pasamos así una hora larga, inmóviles, asidos de la mano, sintiendo cómo el frío se apoderaba de nuestros miembros que se iban entumeciendo progresivamente..... Por fortuna, empezó á soplar una ligera brisa que desgarró la niebla y la ahuyentó á jirones.»

En el miserable estado en que se encontraban, apenas tenían con qué cubrirse.

Pero donde las nieblas son más densas es en las latitudes glaciales. Según

M. Martins, las brumas son casi continuas en el Spitzberg, y de tal espesor, que no se distinguen los objetos á algunos pasos de distancia. Estas brumas húmedas, frías penetrantes, mojan á menudo como la lluvia. Las tormentas son des-

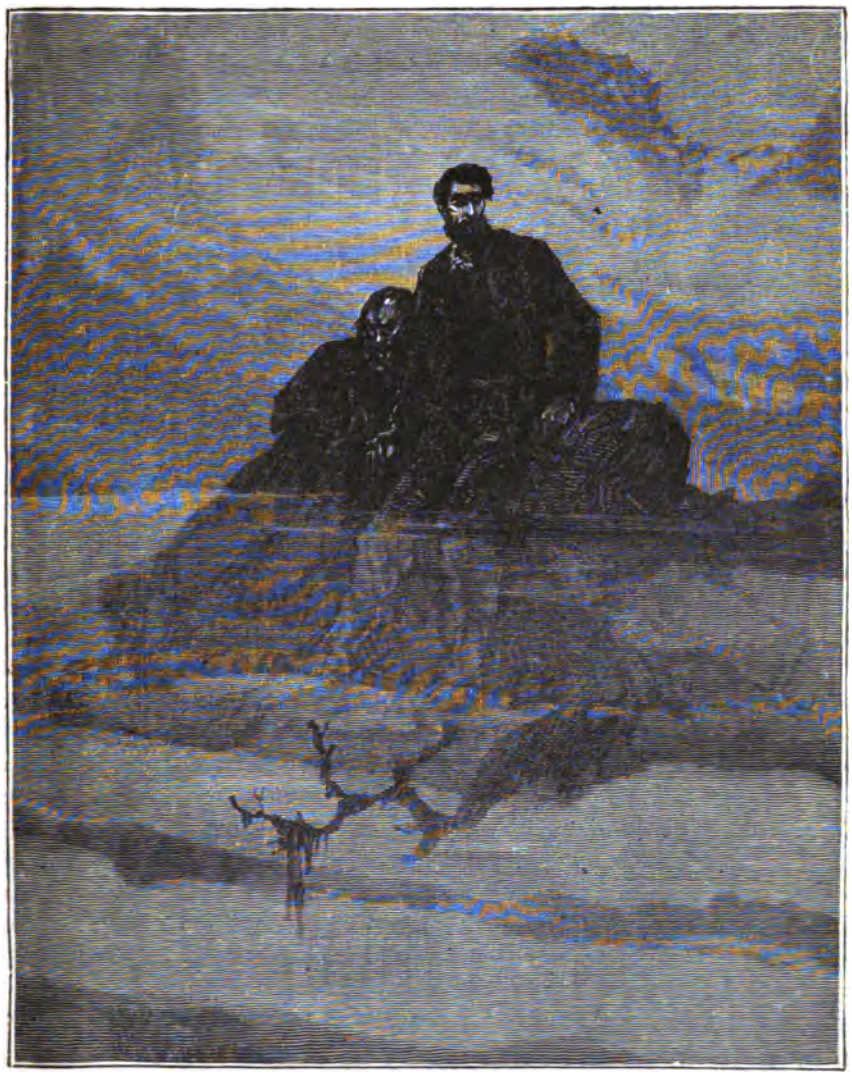


Fig. 64. – M. Raynal y su compañero entre espesa niebla en una isla de los antípodas

conocidas en aquellos parajes, aun durante el estío; el fragor del trueno no turba jamás el silencio de aquellos mares desiertos. Al acercarse el otoño, las brumas aumentan y la lluvia se convierte en nieve.

En las comarcas donde el terreno es húmedo y cálido y el aire húmedo y frío suele haber nieblas espesas y frecuentes, como sucede en Inglaterra, cuyas costas baña un mar de temperatura elevada, y en los mares polares y de Terranova, donde el Gulf-Stream, que procede del Sur, tiene una temperatura más alta que la del aire.

Las nieblas ofrecen á veces en Londres una densidad extraordinaria. Es cosa frecuente leer en los diarios ingleses que ha habido necesidad de encender el gas en pleno día en las calles y en las casas. Para citar un solo ejemplo, recordaremos que el 24 de febrero de 1832, la niebla fué tan sumamente espesa, que al mediodía no se veía con claridad en las calles, y que al hacerse de noche, como se iluminara la ciudad en celebridad del día del natalicio de la reina, fué paseando por las calles un tropel de muchachuelos con antorchas encendidas, gritando que iban en busca de la iluminación sin encontrarla. Cítanse nieblas análogas en París y en Amsterdam, estando á veces el cielo enteramente sereno á corta distancia de dichas ciudades. En París hemos tenido una niebla de esta intensidad en diciembre de 1868 (1).

El 4 de febrero de 1880 estuvimos literalmente sumergidos en el agua durante veinticuatro horas, y nuestros pulmones debieron hacer el oficio de branquias; de seis á ocho de la noche especialmente, la niebla fué de una intensidad tal que la luz del gas y aun el brillante foco eléctrico no podían penetrarla, y aun apenas si las antorchas sacudidas de distancia en distancia daban á algunos metros alrededor de ellas una luz pálida y siniestra. El tren procedente de Argenteuil quedó destrozado á las puertas de París, produciendo numerosas víctimas.

Las nieblas espesas son alguna vez *odoríferas* á causa de impregnarse de las diversas emanaciones que pueden llegar á las capas inferiores de la Atmósfera, predominando con frecuencia el olor del amoníaco. En Bélgica y en el Norte no es raro que lo tengan de turba. Durante el mes de octubre de 1871 hubo algunas noches en París nieblas frías y húmedas, observándose en particular que la de la noche del 14 despedía un olor de petróleo bastante desagradable.

Cuando se contempla desde lejos una cadena de montañas, se ve con frecuencia una nube adherida á cada cumbre, al paso que los intervalos se hallan enteramente despejados. Esta aparición persiste por espacio de horas y aun de días enteros; pero su inmovilidad es tan sólo aparente, porque sobre aquellas cimas reina á menudo un viento impetuoso que condensa los vapores á medida que se elevan por los costados de la montaña; cuando éstos se alejan de las ci-

(1) También suele haber *nieblas secas;* pero no tienen la menor relación con los estudios higrométricos de que tratamos aquí, debiéndose la mayor parte de las veces al humo de las praderas incendiadas, y pueden extenderse por vastas comarcas. El humo de los matorrales de Holanda llega con frecuencia hasta Austria, á algunos centenares de leguas. El de los volcanes se extiende asimismo hasta distancias considerables, como se ha observado en 1868, en Honolulu, á 85 leguas del volcán. En 1865, el del incendio de Limoges cubría el cielo á 30 leguas de aquella ciudad. La niebla seca más intensa de que se tiene noticia es la de 1783.

mas, la niebla no tarda en disiparse. En los pasos de los Alpes, la formación, los movimientos y la desaparición de las nubes dan lugar á espectáculos tan variados como interesantes.

Las nubes que se elevan por las pendientes de las montañas durante el día, en virtud de las corrientes ascendentes diurnas, se disipan con frecuencia al llegar á la cumbre, bajo la influencia de un viento superior comparativamente seco y cálido. Este efecto es mucho más sensible por las tardes; y en las gargantas, y en las cúspides de los desfiladeros que van á parar á ellas, puede observarse fácilmente tal fenómeno. Entonces parece que la bruma se dirige al encuentro del viento, y sin embargo, la superficie que la termina por aquel lado permanece estacionaria.

Por la hospedería del San Gotardo suelen pasar rápidamente sombrías nubes que se precipitan en espesas masas en la profunda garganta del lago Tremola. Podría creerse que la Lombardía entera va á quedar sepultada en pocos instantes bajo una espesa niebla; pero, al salir del valle Tremola, se disuelve á impulsos de las corrientes cálidas ascendentes.

El 8 de septiembre de 1868, después de la salida del Sol, bajaba yo del San Gotardo á Andermat, donde debía tomar la diligencia que venía de Italia para ir á Altorf. Nos rodeaba á mis compañeros y á mí una niebla tan espesa, que no podíamos distinguir á algunos metros de distancia las rocas de granito que orlan aquel camino tan accidentado. De vez en cuando se despejaba el espacio, y se veían las nubes, impelidas por una rápida brisa, formando raudos torbellinos á nuestros pies y precipitándose en los abismos del inmenso valle. En el momento de salir de la hospedería nos hallamos en presencia de un cielo azul, y aquellas peladas cumbres graníticas, aquellas pendientes estériles donde toda vegetación es desconocida, los glaciares de aquella mole desplegaban á nuestra vista su silencioso panorama, en tanto que, á algunos centenares de metros á nuestros pies, las agrisadas nubes nos impedían ver la bajada. Las atravesamos, y durante una hora de marcha fuimos bajando en medio de vapores amontonados. Pero á medida que nos acercábamos al límite de la vegetación superior y á la vertiente más caldeada, las nubes disminuían de intensidad, y se disolvían insensiblemente, aunque arrastradas por una brisa que descendía sobre el flanco de los Alpes, acabando por desaparecer en torno nuestro. Cuando llegamos al puente del Diablo, volvieron á aparecer algunas nubes en el frío y profundo valle, en cuyo fondo se precipita el torrente siniestro del Reuss; y otras, elevadas por una corriente de aire ascendente que iba lamiendo la pendiente oriental de la gigantesca mole, pasaban á engancharse en las cimas, mezclándose de un modo tan singular con los glaciares que no parecía sino que éstos se habían multiplicado de pronto.

Pasando cierto día al salir el Sol, en un barco, desde Lucerna á Fluelen, hice análogas observaciones sobre el modo de formarse las nubes. La vertiente Norte de las altas y magníficas montañas que ceñían, á la izquierda de mi camino, el lago de los Cuatro Cantones, aparecía en muchos puntos tapizada de finísimas

nieblas; las regiones en que empezaba á dar el Sol estaban libres de ellas, y las gargantas atravesadas por corrientes de aire procedentes del lado opuesto (del Sur) no conservaban tampoco el menor vestigio de nieblas.

En esos admirables países, donde la naturaleza ha desplegado á la vez sus más enérgicas fuerzas y sus cariñosos halagos, en esa Suiza de argentados Alpes y azulados lagos es donde la mirada contemplativa puede observar mejor que en parte alguna la producción de las obras de la Atmósfera. En tanto que el hombre se agita en sus bulliciosas ciudades; mientras, entregado al trabajo ó al placer, olvida la divina naturaleza, prestando más atención á los artificios de sus manos, esta naturaleza, eternamente activa, eleva sin cesar desde la tierra al cielo, desde el suelo en donde vegetamos hasta las cerúleas regiones superiores, las esferas invisibles del vapor acuoso, las innumerables esferillas de hidrógeno unido al oxígeno, que en su pequeñez y en su discreción dominan las regiones inferiores donde la ambición y el hambre traban descomunales luchas, reinan en las alturas celestes, crean el mundo fantástico de las nubes, preparan al Sol un lecho de púrpura y oro, distribuyen los hermosos copos de nieve por las tétricas campiñas del invierno, derraman la frescura y la sombra sobre las sedientas campiñas del estío, y á veces acuden sin temor alguno á aterrorizar y derribar al hombre mismo en medio del estrépito del rayo y del torbellino de las tempestades.

Los antiguos creían que encima de la Atmósfera había un depósito de *aguas superiores*. No se imaginaba que el agua caída en las lluvias ascendía al cielo en estado de vapor de agua invisible. Se creía que en lo alto existía agua hasta el fin del mundo. Tal era la opinión general de los que tenían opinión, es decir, de los más instruídos. Hoy sabemos que el agua de las nubes está formada por la ascensión del vapor de agua emanado de los mares, de los lagos, de las regiones húmedas, y que una circulación perpetua vuelve á traer con la formación de las nubes el agua vertida por las lluvias.

Hemos visto en el capítulo precedente que la humedad del aire va aumentando hasta llegar á cierta altura, hasta una *zona de humedad máxima*, cuya elevación varía según las estaciones y las horas, y desde la cual el aire es cada vez más seco. Esta zona, que he comprobado higrométricamente en mis viajes aéreos, ha sido *vista*, según mis cálculos, por de Saussure en sus viajes por los Alpes, y por el comandante Rozet en los Pirineos y también en los Alpes. Es un vapor azul transparente que se percibe con dificultad mientras se está envuelto en él, pero cuya superficie superior se distingue claramente cuando se ha pasado de ella. Esta superficie es siempre horizontal, como la del mar. Cuando el observador se encuentra á una gran elevación sobre los picos de los Alpes ó de los Pirineos, ve el límite superior de esta atmósfera de vapor indicado en el horizonte por una línea azulada parecida á la que termina el horizonte del mar. Su altura varía según las estaciones y las horas; habiéndola hallado geodésicamente ora á 1.100 metros, ora á 1.500, ora á 2.000 y hasta á 3.000 y 4.000. Su tem-

peratura no desciende bajo cero. El plano inferior que limita las nubes lo determina el punto de la vertical donde se encuentra el de rocío del aire, de modo que si hay corrientes oblicuas, y aun verticales, el plano inferior de las nubes sigue siendo el mismo, porque el aire que desciende por debajo de este plano deja que se disuelva su vapor, y el que se eleva pierde su transparencia al llegar á la misma altura.

Sobre esta superficie terminal de la atmósfera de vapor es donde se forman las nubes y donde al parecer descansan en seguida. El 15 de julio de 1867, navegaba yo por el aire entre los 1.500 y 2.000 metros de altura, antes de la salida del Sol. Aquella fué una de esas raras circunstancias en que pude presenciar la formación de las nubes, y encontrarme en el taller mismo de la naturaleza. Hallábame sobre la llanura del Rhin, entre Aquisgrán y Colonia. La atmósfera estaba despejada, cuando de pronto empezaron á aparecer pequeños copos blancos en la zona de humedad máxima. Soldándose luego entre sí, formaron copos más gruesos, que unas veces se agrupaban en gran número, y otras se deshacían tan pronto como nacían. Después, las nubecillas blancas reunidas en masas redondeadas formaron cúmulos. Esta formación de nubes se efectuaba á muchos centenares de metros bajo nosotros. La humedad nocturna del globo evaporóse con el Sol, y nos elevamos lentamente hasta 2.400 metros. Otro tanto sucedió con las nubes, que se elevaron un poco más de prisa que el aeróstato y acabaron por envolvernos y subir más que nosotros.

Peltier y Rozet han presenciado en las montañas la formación de las nubes, describiéndola exactamente como acabamos de indicar.

La superficie superior de las nubes afecta diversas formas, siendo combada por encima de las corrientes ascendentes que las elevan, hueca más lejos, y ofreciendo el aspecto de una serie de montañas y valles frecuentemente pintorescos y accidentados de un modo extraño. La superficie inferior es, por el contrario, plana y á menudo horizontal, flotando sobre la atmósfera de vapor como sobre un lago.

Las vesículas de las nubes se atraen mutuamente, agrupándose en masas condensadas. Me parece indispensable suponer esta atracción para explicar las figuras tan claramente limitadas que revisten las diversas nubes. Por otra parte, en muchas ocasiones he podido ver dicha atracción en acción, y sorprenderla *infraganti*, por decirlo así, como, por ejemplo, en la ascensión de que acabo de hablar. Las nubes nacen acá y allá en estado fragmentario, soldándose poco á poco los grupos de vesículas, del mismo modo que en la superficie de una taza de café se reunen los glóbulos de aire producidos por la fusión del azúcar, formando un solo sistema. He comprobado de un modo más concreto esta especie de afinidad molecular en ciertas nubes de humo procedente de explosiones, espectáculo que nos ha ofrecido con más frecuencia que nunca el año 1871, año de la guerra entre Francia y Prusia. El día de la formidable explosión de la fábrica de cartuchos de Vincennes (14 de julio), la nube que se elevó entre los

bramidos volcánicos de aquel cráter, adquirió en el tranquilo ambiente de aquel día caluroso una forma cónica que puede compararse exactamente con una inmensa coliflor. Aquella nube permaneció mucho tiempo inmóvil, y desde la distancia dominante del Observatorio pude observarla cómodamente con el auxilio de un anteojo astronómico de mucho aumento. La adherencia de las moléculas era manifiesta, y aun cuando dicha nube hubiese sido sólida, no habría tenido una forma mejor definida á la luz del Sol que la iluminaba (la 1 h. 20 m.).

Por lo general, las nubes son impelidas por el viento, siguiendo exactamente su curso, y estando como sumergidas y relativamente inmóviles en la corriente en cuyo seno flotan. La medida de su velocidad da también la del viento superior; pero esta no es una regla sin excepción, porque hay *nubes que no andan*, aun cuando un viento más ó menos fuerte las atraviese, debiendo arrastrarlas al parecer.

Un día que pasaba yo en globo, acompañado de M. Eugenio Godard, por encima del bosque de Villers-Coterets, quedé sorprendido al ver, por espacio de más de veinte minutos, una nubecilla que podía tener unos 200 metros de largo por 150 de ancho, enteramente *inmóvil* á 80 metros próximamente sobre los árboles. Cuando nos acercamos á ella, vimos otras cinco ó seis más pequeñas, diseminadas y también inmóviles. Y sin embargo, el aire avanzaba á razón de 8 metros por segundo: ¿qué invisible áncora sujetaba aquellas nubecillas? Al llegar encima de ellas, advertimos que la principal estaba suspendida sobre un estanque, y que las otras marcaban el curso de un arroyo. Era una corriente ascendente de aire húmedo que se elevaba de allí, y cuya humedad invisible alcanzaba su punto de saturación, haciéndose visible al atravesar el viento fresco que soplaba por encima del bosque.

Kaemtz fué testigo de un caso análogo cerca de Wiesbaden, después de una copiosa lluvia. «Las nubes se habían dividido, dice; apareció el Sol, y vi una columna de niebla que se elevaba constantemente de un mismo punto. Corrí hacia él; era una pradera segada, rodeada de pastos cubiertos de una hierba muy alta que, calentándose menos que la superficie segada, daban lugar á una evaporación menos activa.» En Suiza, el fenómeno se presenta en menor escala; mientras que en el Faulhorn hace un tiempo magnífico, los lagos de la Suiza están cubiertos de nieblas de muy diferente densidad. El mismo meteorologista ha observado que la que velaba los lagos de Zug, Zurich y Neuchatel, era muy espesa, al paso que los de Thun y de Brientz apenas estaban cubiertos de un ligero vapor. Este fenómeno se ha reproducido con demasiada frecuencia para que pueda atribuirse á la casualidad. El lago de Zug es bastante profundo, y sus afluentes no llegan directamente de la región de las nieves eternas: su temperatura debe ser más elevada que la del lago de Brientz, donde se precipita el Aar inmediatamente después de haber salido de los glaciares del Grimsel. En igualdad de temperatura, el primero se cubre más fácilmente de niebla que el segundo.

Mi excelente y antiguo maestro M. Babinet ha observado también una nube inmóvil en la cumbre del Canigó, la más elevada de los Pirineos orientales. «Soplaba un impetuoso viento de Francia á España, dice; no se veía ninguna nube, excepto un pequeño listón de unos cuantos metros de espesor y apenas otros tantos de anchura, que, á pesar de la violencia del viento que al parecer debía arrastrarle, permanecía obstinadamente fijo en el punto en que yo lo observaba. Aquel listón nebuloso estaba tan perfectamente terminado, que podía medirle en perspectiva con la mitad de un lápiz que tenía en la mano. El secreto de este curioso fenómeno consistía en que el aire era lo suficientemente húmedo para convertirse en nube á la altura en cuestión. Más abajo, es decir, antes lo mismo que después de haber llegado á dicha altura, recobraba su transparencia. Esta es la razón de que la nube desapareciera en uno y otro caso. Lo que formaba la nube no era en realidad una masa de aire fijo, sino aire, transparente en todos los demás sitios, que al llegar á aquella cumbre perdía momentáneamente su transparencia por el frío debido á la dilatación, y era reemplazado por un nuevo aire que, sometido á la misma influencia, parecía perpetuar el pequeño listón nebuloso.»

Ahora nos resta conocer la causa de la suspensión de las nubes en la Atmósfera.

Cuando vemos que una nube se resuelve en lluvia y derrama millares de litros de agua, nos admiramos de que semejante peso pueda mantenerse en suspensión en el espacio aéreo. La causa de esta suspensión consiste simplemente en su extraordinaria divisibilidad. Hemos visto que las vesículas de las nubes sólo miden 2 centésimos de milímetro de diámetro. Abandonadas á sí mismas, estas vesículas caen. El cálculo que demuestra que invertirían más de media hora en descender desde una altura de dos kilómetros en la Atmósfera, es decir, que la velocidad de su caída no llega á un metro por segundo, y á menudo no pasa de tres decímetros. Pero, durante el día, el aire está atravesado constantemente por corrientes cálidas *ascendentes* que se elevan con una velocidad de tres metros por segundo; así es que las nubes no pueden descender durante el día, á no ser que concurran para ello causas excepcionales. No es necesario suponer que sus vesículas estén llenas de aire dilatado y más ligero, como otros tantos globos pequeños. Sin embargo, como decía Fresnel, el calor solar absorbido por la nube debe auxiliar su suspensión. Durante la noche, las nubes se acercan al suelo; pero ya hemos visto que las condiciones de visibilidad del vapor de agua dependen de la temperatura y del punto de saturación. De aquí resulta que aquéllas se disuelven por su superficie inferior á medida que descienden á un aire más caliente, y también con bastante frecuencia por la superior cuando se elevan bajo la acción del Sol. De suerte que, en definitiva, cambian constantemente de espesor, de forma y hasta de substancia.

No siendo las nubes otra cosa sino un estado particular del aire, nos parecen inmóviles aun cuando las partículas que las componen bajan sin cesar en su

seno para desaparecer en su superficie inferior, disolviéndose en ella, ó descansando en la zona de vapor invisible de que hemos hablado. La marcha horizontal de las corrientes representa un esfuerzo bastante considerable para mantener las nubes á la misma altura, aun cuando todas las partículas acuosas estén llenas.

Habitantes del espacio aéreo, metamorfosis incesantes é imperecederas, elévanse las nubes á las alturas inaccesibles, y ocupan el azul del firmamento con sus formas sin número. «Dominemos la Tierra, les hacía decir el brillante Aristófanes en su comedia *Las Nubes* contra Sócrates; ofrezcamos algunos minutos á las miradas de los hombres nuestra faz mudable que durará, sin embargo, tanto como la eternidad. Remontémonos temblorosas desde el seno de nuestro padre Océano. Trepemos sin respirar á la nevada cumbre de las montañas. Permanezcamos suspendidas en esas alturas, desde las que no podemos ver ya nuestra imagen reflejada en el azulado espejo de los mares. Si dejamos de oir el grave murmullo de las ondas, en cambio empezamos á percibir la sublime armonía de los ríos divinos. ¡Qué maravillosa es nuestra misión! ¿Acaso no hemos recibido de Júpiter el encargo de hacer brillar á los ojos de los hombres todas las riquezas del firmamento? ¿No se desprenden al mismo tiempo de nuestro fecundo seno esas lluvias que ponen en movimiento el ciclo de la vida terrestre? Por último, ¿no somos nosotras las que protegemos toda la naturaleza viviente contra el más cruel de los destinos?, ¿y no es nuestra leve cubierta la que separa el mundo viviente del frío implacable de la muerte eterna?»

Después de haber observado la formación de las nubes y su situación en los aires, consideremos ahora sus formas variadas y características.

Estas últimas varían hasta lo infinito, desde la densa niebla que baña la superficie del suelo, hasta los filamentos luminosos tan sueltos que se ciernen en las alturas de la Atmósfera. Sin embargo, la necesidad de clasificarlas científicamente ha suscitado la idea de distinguir, para dar alguna claridad á este estudio tan frecuentemente nebuloso, de las formas generales, los tipos á los que pueda referirse la mayoría de las formas presentadas. El meteorologista Howard fué el primero en dar nombres á esos tipos principales para reconocerlos. Su clasificación no es perfecta, pero se puede adoptar como base general.

Las nubes cuya forma es más frecuente en nuestros climas tienen sus contornos redondeados, parecen puestas unas delante de otras, y sus bordes, claramente definidos, dibujan curvas blancas en el azul del cielo. A estas nubes se les ha dado el nombre de *cumulus*, y su forma aparece mejor limitada en el verano. Los marinos las llaman *balas de algodón*. Elévanse engrosando por la mañana, llegan á su mayor altura en el momento en que hace más calor, y bajan en seguida de nuevo para desaparecer, cuando no son numerosas. Su espesor varía entre 400 y 500 metros, y su altura entre 500 y 3.000.

A veces estas semiesferas se amontonan y forman esos nubarrones acumu-

dados en el horizonte que se asemejan desde lejos á montañas de nieve: son las que más se prestan á las ideas fantásticas, porque su ligereza y la variabilidad extraordinaria de sus contornos les comunican toda clase de metamorfosis. En ellas se ve algo de lo que se quiere ver, como hombres, animales, dragones, árboles, montañas, etc. Proporcionan comparaciones á los poetas, debiéndoles Ossián, el bardo escandinavo, sus más bellas composiciones. Las tradiciones populares de los países montañosos están llenas de sucesos extraños en los que dichas nubes desempeñan un papel importante.

Esta forma frecuente corresponde por lo común al viento cálido del Sudoeste y del Sudeste, es decir, á la corriente ecuatorial. Cuando esta corriente húmeda sopla durante algún tiempo, los cúmulus van siendo más numerosos y más densos, extendiéndose como capas que pueden cubrir enteramente el cielo. Esta segunda forma, casi tan frecuente como la primera en nuestros climas variables, caracteriza el invierno del mismo modo que esta última caracteriza el verano; la diferencia principal entre ambas consiste en la densidad, de suerte que la condensación, ó la lluvia, se presenta más pronto en este estado del cielo que en el primero. Conócese esta forma de nubes con el nombre de *cúmulo-stratus*, y son las que se ven en la atmósfera cuando se dice vulgarmente que el cielo está aborregado.

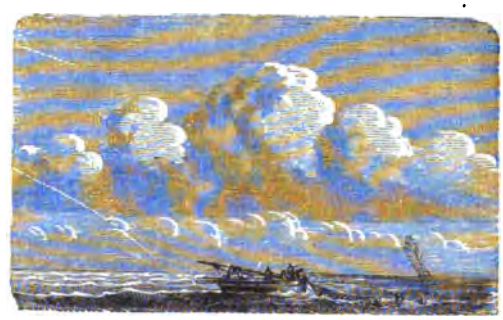


Fig. 65. – Cúmulus

Cuando las nubes no están claramente designadas, y forman solamente un vasto manto extendido en surcos horizontales hasta el horizonte, resulta un aspecto al que se da el nombre de *stratus*.

Cuando una nube está próxima á resolverse en lluvia, adquiere una intensidad creciente, se pone más sombría, y á no ser que descargue una granizada ó un chubasco parcial, abarca una considerable extensión. El agua que se desprende de ella caería verticalmente si la Atmósfera estuviese tranquila y las gotas fuesen bastante pesadas; pero existen dos causas, el viento y la ligereza de estas últimas, que hacen que la cantidad de agua que cae de una nube forme un rastro oblicuo, precedido generalmente por la nube, á la cual impele el viento con rapidez. Dase el nombre de *nimbus* á esta situación especial de la nube que se resuelve en lluvia.

Todas ellas están compuestas de vesículas acuosas más ó menos gruesas y más ó menos apiñadas. Pero las nubes no residen solamente en las capas aéreas cuya temperatura es superior á cero, sino que flotan también en las regiones cuya

temperatura es glacial. En tal situación, el agua vesicular se congela en diminutos filamentos de hielo, y las nubes que éstos forman lo son de hielo ó de nieve, que nos han servido ya para explicar varios fenómenos ópticos, como los halos, las parhelias, etc., y son las que se remontan hasta las regiones más elevadas. Cualquiera que haya sido la altura á la que he llegado en un globo, siempre las he

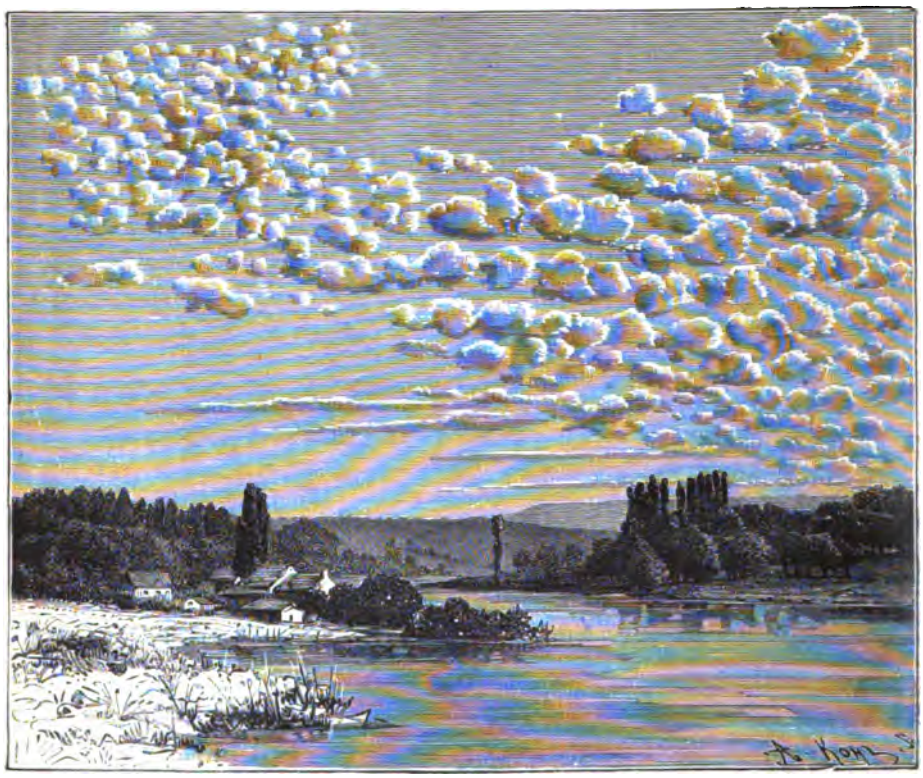


Fig. 66. — Cielo aborregado

visto á tal elevación que ni siquiera parece que uno se acerque á ellas, al paso que en la más insignificante ascensión se atraviesan pronto los cúmulus y las diferentes formas de que acabamos de hablar. A 10.000 metros de altura sobre Inglaterra, M. Glaisher las ha visto dominando todavía, siempre más arriba, *excelsior!*

Compónense de filamentos sueltos cuyo conjunto tan pronto presenta el aspecto de rastros blancos que estuviesen hechos por una escoba, como de barbas de pluma, de cabellos ó de una red ligera y desigual. Su altura media es de 6.000 á 7.000 metros.

Desígnanse estas nubes con el nombre de *cirrus*. Basta alguna costumbre

para conocerlas pronto, y lo que más admira en ellas es que casi siempre están orientadas formando largos y delgados surcos, rectos, blancos, que corresponden á las corrientes superiores que las dirigen, las fijan ó las disipan.

A veces se empaña su blancura, se cruzan sus estrías y se hacen más densas á causa de adquirir más humedad el aire superior. En este caso, toman la apariencia del algodón cardado, modificación que por lo general es un síntoma de lluvia. En este estado de mayor densidad reciben el nombre de *cirro-stratus*.

Fig. 67. – Stratus

A veces también se transforman en nubecillas de vapor vesicular tan transparentes que á través de ellas se pueden distinguir las estrellas y las manchas de la Cuna. Estas nubes son las que dan origen á las coronas, y cuando están bien iluminadas, parecen compuestas de redondos vellones de lana; por eso se dice que el cielo está aborregado cuando lo cubren dichas nubecillas. Su altura media es de 3.000 á 4.000 metros, y se conocen con el nombre de *cirro-cumulus*. Los cúmulus y los cirro-cúmulus son los que dan los más bellos matices á las puestas del Sol, refractando y coloreando los rayos de este astro con su transparencia y su reflexión lejana. Los magníficos ocasos de Sol que se admiran en París dependen en gran parte de que dichas nubes, situadas por encima del Havre con relación al horizonte de París, nos envían una suave imagen de los efectos luminosos producidos en el mar.

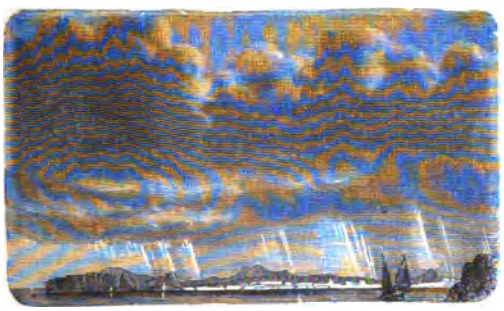


Fig. 68. – Nimbus

Tales son las principales formas que adquieren las nubes y que dependen de la diferencia de su constitución, de su elevación y de las condiciones de la afinidad molecular que las constituye. Estas variedades no constituyen en verdad más que dos categorías: los cúmulus formados de vesículas líquidas, y los cirros, de partículas heladas.

M. A. Poey comprendió todas las formas de nubes en la clasificación científica y vulgar siguiente:

1.er tipo —	*Cirrus*. Nube rizada.	Nubes de hielo. Altura: 8 000 á 12 000 metros.
Derivados.	*Cirro-stratus*. Nube hilada.	
	Cirro-cumulus. Nube aborregada.	Nubes de nieve. Altura: 4.000 á 8.000 metros.
	Pallio-cirrus. Nube extendida	
2.° tipo —	*Cumulus*. Nube montuosa.	Nubes de lluvia, vesiculares ó de vapor de agua. Altura media: 1.000 metros.
Derivados.	*Pallio-cumulus*. Nube de lluvia.	
	Fracto-cumulus. Idem. ídem.	

Las nubes formadas de vesículas líquidas deben llamar particularmente nuestra atención á causa de sus formas singulares, características, correspondientes á la producción de los meteoros acuosos que originan ó que anuncian.

Fig. 69. – Globo atravesando un cúmulus

Mi excelente colega J. Silbermann, preparador en el Colegio de Francia y vicepresidente de la Sociedad meteorológica, se ha consagrado hace más de treinta años á estudiar asiduamente y á designar estas formas típicas particulares. Entre las numerosísimas especies que ha estereotipado y reunido en una especie de museo meteorológico, mencionaremos las principales.

Todo el mundo recordará sin duda la forma de las nubes que producen las lluvias prolongadas. Cubre el cielo un inmenso manto gris, y la lluvia, continuada y perpetua, se desprende de capas horizontales ligeramente onduladas, que apenas se destacan del fondo obscuro general. Sucédense los días y las noches, y el cielo sigue cubierto con ese manto opaco cuyo espesor llega á veces á muchos millares de metros, ocupados por numerosas capas sucesivas en las cuales queda absorbida y extinguida casi la luz del Sol de otoño. Estas son nubes de lluvia continental, que se extienden sobre vastas comarcas y cuyos contornos no es posible percibir.

Las *nubes de lluvia parcial* se asemejan á ellas por su disposición en capas horizontales; sólo que su forma, menos extensa, es más definida, y se destaca sobre el fondo del cielo que no está obscurecido por la inmensidad de las capas superpuestas, sino cubierto parcialmente de cúmulus que tapizan la azulada bóveda con variable densidad. Escápase la lluvia de los lados de la nube para regar

Fig. 70. – Fajas paralelas de *cirrus*, divergentes por un efecto de perspectiva

los pueblos y los campos, proyectándose sobre el fondo pálido del cielo en estrías grises oblicuas, cuyo conjunto cambia de aspecto á merced del viento. La nube no se resuelve nunca enteramente.

La *nube de aguacero* es muy diferente de las anteriores. No se extiende ya formando una vasta capa horizontal, sino como un conjunto definido y á menudo aislado en el aire azul. El Sol la hiere con sus rayos, haciendo que su blanca superficie descuelle sobre el fondo del cielo. De sus obscuros costados cae la lluvia fría, el granizo menudo, el aguacero de marzo que el viento dispersa y azota el rostro.

Las nubes que despiden el *granizo* presentan el aspecto de una singular ad-

herencia de moléculas, como si la atracción tendiese á reunirlas en masas condensadas de forma globular, haciendo que involuntariamente se compare á dichas nubes con una inmensa coliflor. Son de un gris ceniciento característico y difunden en torno suyo una obscuridad profunda. La adherencia particular de que acabamos de hacer mención existe también en las *nubes de tormenta*, según se ha comprobado. El plano inferior de estos nubarrones es horizontal, y desde esta especie de tabla se elevan penachos y husos semejantes á bolas de lana más

Fig. 71. – Formación de una nube de tempestad

ó menos desmesuradas, más ó menos largas, pero adaptadas á un mismo sistema; tipos, en fin, que exageran en vez de atenuar los aspectos observados. El color, la blancura ó la obscuridad de los nubarrones no pueden, por lo demás, tomarse como signos característicos, porque dependen de su posición relativamente á la del Sol y también á la del observador. Si vemos elevarse un nubarrón de tormenta á una gran distancia de nosotros, y estamos colocados entre él y el Sol, nos parecerá blanco; pero si, por el contrario, lo observamos cuando llega sobre nuestras cabezas, como le vemos por su región inferior adonde no llega la luz solar, nos parecerá negro.

En mis diferentes viajes aéreos he medido con frecuencia la altura y el es-

pesor de las nubes al atravesarlas. He encontrado algunas muy bajas, empezando, por ejemplo, á 630 metros de altitud y terminando á 810 metros, no llegando á medir 200 metros de espesor, y no dejando por lo tanto atravesar los rayos solares. Esta capa de nubes, medida á las cinco de la tarde en el mes de junio, estaba aún más baja dos horas más tarde, extendiéndose entonces de 590 á 760 metros. En otras circunstancias, estos cúmulus se ciernen á 1.200 metros, á 1.800, á 2.400 y más alto aún. Su altura depende bastante de la temperatura del aire y de la hora del día. En general, las nubes se elevan hasta una ó dos horas después del mediodía, y descienden por la tarde.

El espesor de las nubes es algunas veces considerable. Bixio y Barral, en su ascensión del 27 de julio de 1850, encontraron una capa de nubes que atravesaron hasta 5.000 metros de espesor sin poder dominarla.

Recientemente se ha ensayado medir directamente la altura de las nubes con ayuda de altazimudes. Durante los veranos de 1884 y 1885, MM. Ekholm y Hagström, en Suecia, consiguieron tomar un gran número de ángulos; el resultado de 1.500 medidas dió las siguientes alturas por las diferentes formas de nubes: stratus, 600 metros; nimbus, 1.500 metros; cúmulus, base, 1.350 metros; cima, 1.800 metros; cúmulo-stratus, 1.380 metros; cirro-cúmulus, 6.300 metros; cirrus, desde 8.700 hasta 12.300 metros. Sería interesante hacer medidas análogas en las regiones ecuatoriales.

CAPÍTULO III

LA LLUVIA

CONDICIONES GENERALES DE LA FORMACIÓN DE LA LLUVIA. – SU DISTRIBUCIÓN EN EL GLOBO. – LA LLUVIA EN EUROPA Y EN FRANCIA

Puesto que ya conocemos la distribución de la humedad en el aire atmosférico, el modo de formación y de suspensión de las nubes en el espacio, su división en dos especies principales bien distintas y la acción de la temperatura, podemos darnos cuenta fácilmente de la formación de la lluvia.

La lluvia es la precipitación del vapor acuoso que constituye las nubes. Para que este vapor se precipite, es decir, para que forme gotas llenas que caigan por su propio peso á través de la Atmósfera y produzcan la lluvia, se requiere que una causa exterior modifique el estado molecular de la nube. Esta modificación se debe á la influencia de las nubes superiores, de las nubes de hielo. Hay situaciones en que la menor circunstancia las perturba profundamente y las destruye. Así sucede con los cúmulus saturados; el menor enfriamiento los condensa, y precipita en lluvia una parte mayor ó menor del vapor vesicular que los compone.

Así, pues, la condición ordinaria de la producción de la lluvia consiste en la existencia de dos capas de nubes superpuestas, siendo la de arriba la que determina la precipitación de la de abajo. Esta es una observación que todo el mundo puede comprobar fácilmente cuando está advertido; en cuanto á mí, hace ya muchos años que me he dedicado á examinar el estado del cielo en el momento de la lluvia, sin haber visto una sola vez que aquella circunstancia dejara de verificarse.

Monck Mason ha observado en sus excursiones aeronáuticas que cuando cae la lluvia de un cielo completamente cubierto de nubes, hay siempre otra hilera semejante de éstas, situada encima de aquéllas á cierta altura, y que, por el contrario, cuando no llueve, aunque el cielo presente inferiormente la misma apariencia, el espacio situado inmediatamente encima tiene por carácter dominante una gran extensión de cielo claro, que disfruta de un Sol no interceptado por ninguna nube.

Saussure había observado lo mismo en sus viajes por los Alpes. Hatton advirtió que cuando se encuentran dos masas de aire saturadas, ó poco menos, de humedad, pero de temperaturas desiguales, hay precipitación de vapor acuoso.

Peltier observó desde otro punto de vista que una tempestad está siempre compuesta de dos órdenes de nubes de electricidad contraria. El comandante Rozet dedujo de una prolongada serie de observaciones que así las tempestades como la lluvia resultan del encuentro de los cirrus con los cúmulus, del vapor helado con el vapor vesicular. Kaemtz y Martins aceptan la misma teoría. M. Renou añade que el agua puede descender sin helarse hasta 15, 20 y 25 grados bajo cero, en el estado de extraordinaria divisibilidad que constituye las nieblas y las nubes, y que la lluvia y el granizo se deben á la mezcla de los cirrus helados con los cúmulus todavía líquidos bajo la influencia variable de la temperatura (1).

Las nubes dispuestas en una sola capa pueden, con todo, producir la lluvia si son enfriadas rápidamente. Así en un caso como en el otro, adoptaremos con M. Plumandon la siguiente sucesión de las fases de la formación de la lluvia tal como puede observarse, por otra parte, en globo ó en las montañas, procediendo de arriba á abajo:

1.° Se encuentra en una niebla más ó menos espesa: el higrómetro está cerca de 100; el aire está casi saturado de vapor de agua, pero no puede hacerse constar la caída de la menor partícula líquida y los objetos exteriores no están mojados.

2.° No puede observarse la caída de alguna gotita líquida, por pequeña que sea, y no obstante, todos los objetos rodeados por la nube se mojan rápidamente. Cuando esta situación dura un día, se recogen 3, 4 y 5 milímetros de agua. Se está en la región en que la lluvia empieza á formarse y los habitantes de las regiones montañosas dicen entonces que la *niebla moja*.

(1) Así es como se forma por lo general la lluvia. Sin embargo, á veces cae *estando el cielo sereno*, como lo prueban los siguientes ejemplos:

El 7 de agosto de 1837, á las nueve de la noche, Wartmann de Ginebra vió que por espacio de dos minutos estuvo cayendo una lluvia formada de anchas gotas de agua tibia de un cielo puro en el que brillaban las estrellas. Los numerosos paseantes que había en el puerto de Bergues, apenas tuvieron tiempo para escapar en todas direcciones, sumamente sorprendidos de tan extraño chaparrón. En el horizonte se veían gruesos nubarrones negros no continuos.

El 11 de mayo de 1844, á las diez de la mañana y á las tres de la tarde, volvió á observar un caso idéntico el mismo Wartmann, estando el aire en completa calma.

El 21 y 22 de abril del propio año, hallándose el capitán de ingenieros Noirfontaine en los glacis de las fortificaciones de París, á las dos y media de la tarde, lejos de toda vivienda, recibió en el rostro y en las manos algunas gotas de agua muy frías lanzadas con fuerza. Varios soldados advirtieron el mismo fenómeno. Las gotas no eran muy gruesas ni muy abundantes para que pudieran dejar su huella en el suelo. En el cielo no se veía el menor rastro de nubes ni de vapor; el viento soplaba con fuerza del NNE.

El 25 de agosto de 1865, M. Ragona, director del Observatorio de Módena, advirtió una lluvia análoga que duró un cuarto de hora, entre ocho y media y nueve de la noche.

Humboldt cita muchos ejemplos del mismo género. Kaemtz asegura, en virtud de sus propias observaciones, que el caso no es muy raro y se presenta dos ó tres veces al año.

Esta lluvia, que cae de un cielo sereno, se debe, bien á vapores que se condensan en agua sin pasar por el estado intermedio de vapores vesiculares, ó bien á un transporte de lluvia por un viento poderoso que la ha recogido á muchas leguas de distancia. Dalton observó un día en Inglaterra un transporte de agua salada á más de veinte leguas de distancia del mar.

3.° Se nota en el seno de la niebla la caída de gotitas excesivamente frías, que apenas pueden distinguirse: *llovizna*.

4.° La lluvia cae, y aún se está dentro de la niebla.

5.° La lluvia cae, y se está debajo de la niebla, es decir, debajo de las nubes.

Estos cinco casos pueden referirse á la misma nube, y entonces se las encuentra en las regiones situadas unas debajo de las otras y en el orden precedente. De manera que si se penetra en esta nube por la parte superior, se atraviesa sucesivamente:

1.° Niebla que *no moja;*

2.° Niebla que *moja;*

3.° Niebla que *llovizna;*

4.° Niebla que *llueve;*

5.° *Lluvia*, sin niebla, cuando se ha salido de la nube por su parte inferior.

Las gotas de lluvia serán tanto más gruesas á la salida de la nube, cuanto la región en donde se forma la lluvia estará más elevada encima de la base de esta nube. Hay, sin embargo, un límite en el crecimiento de las gotas de lluvia, pues su velocidad de caída en el aire aumenta con su masa y las gotas se dividen á causa de la resistencia que les opone el aire que atraviesan.

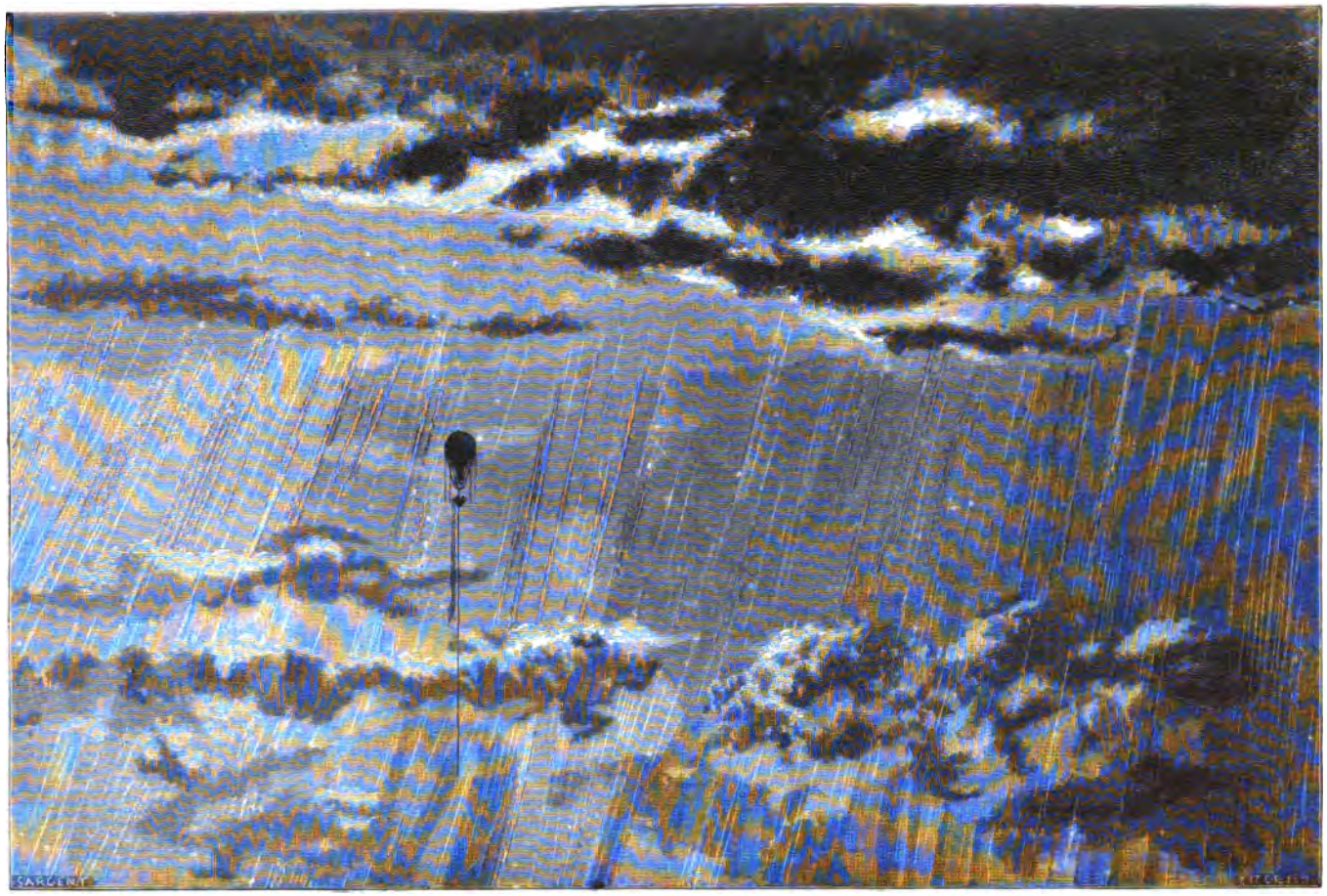
Fácilmente se comprenderá que los cinco casos que acabamos de considerar no son otra cosa que *cinco fases distintas para nuestros sentidos* en la transformación progresiva que sufre el vapor de agua para pasar al estado líquido.

Sea lo que quiera, la lluvia cae desde que las gotas formadas por la condensación del vapor de agua de las nubes se vuelven muy pesadas. Las gotas muy finas pueden no caer ó disolverse al llegar á un aire muy seco.

Con frecuencia, especialmente en invierno ó en primavera, la lluvia que recibimos ha empezado por ser nieve en las heladas alturas. No olvidemos que la temperatura del hielo reina constantemente encima de nuestras cabezas, en las altitudes que hemos determinado más arriba.

Así, pues, el transporte de las masas nebulosas desempeña un papel fundamental en la disolución de las mismas y en la abundancia y distribución de las lluvias, como lo hemos observado ya al estudiar la correspondencia de las diferentes direcciones del viento con la cantidad de lluvia caída. El viento del SO., que predomina en nuestros países, es también el más lluvioso, porque arrastra consigo las capas de nubes formadas en el Océano, capas de humedad que por lo demás pueden ser invisibles.

Podemos, pues, formar una idea de la inmensa evaporación que tiene lugar diariamente en la superficie del Océano, y ver en ella claramente el origen de las nubes y de las lluvias. Los vientos alisios que en la zona tropical soplan en la superficie del mar, se llevan el vapor de agua resultante hasta la región de las calmas ecuatoriales, donde se elevan, alcanzan las alturas frías y regresan á las comarcas templadas cargadas de humedad. Al elevarse al través de la Atmósfera de



EFECTO DE LLUVIA EN LAS ALTAS REGIONES ATMOSFÉRICAS

las regiones tropicales, dejan que se condense una parte de su vapor, y como se da diariamente este caso, existe allí una zona constante de nubes y lluvias, conocida por los marinos ingleses con el nombre de anillo de nubes *(cloud-ring)*. Otro tanto sucede en el planeta Júpiter, cuyas fajas ecuatoriales se distinguen tan bien desde aquí, á pesar de los 200 millones de leguas que nos separan de él.

Las nubes oceánicas procedentes del S. y del SO. derraman su agua según su marcha, su altura, su temperatura, las capas de nubes más ó menos espesas y más ó menos frías que gravitan sobre ellas, según los vientos accidentales que llegan á influir en ellas y según el relieve del suelo que modifica su curso. En igualdad de circunstancias, la proporción de las lluvias va en diminución desde el ecuador á los polos, puesto que, por una parte, casi toda la evaporación se efectúa en las latitudes cálidas, y por otra, la cantidad de vapor que el aire pue. de disolver aumenta rápidamente con el grado termométrico. Así es que en la

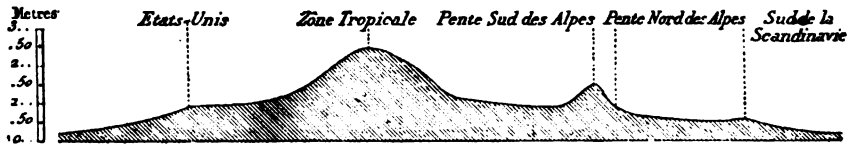


Fig. 72. – Diminución de las lluvias desde los trópicos hasta los polos

Guyana y en Panamá, por ejemplo, caen más de dos metros de altura de lluvia cada año, al paso que en Arkangel solamente caen 20 centímetros.

Se ha advertido otra ley en la proporción de las lluvias; tal es su diminución según la distancia del mar, medida por la dirección de los vientos dominantes. Fácilmente se comprende que como las nubes no pueden reformarse en el interior de los continentes, escasean y vierten tanta menos cantidad de lluvia cuanta mayor es la distancia que hay á las costas del Océano. La evaporación producida en los ríos, en los lagos, en los pantanos y en los llanos húmedos da sin duda nacimiento á las nubes; pero este manantial de lluvia es harto insignificante, comparado con el del Océano; así es que mientras en Bayona caen $1^{m},24$ de lluvia, en Gibraltar $1^{m},20$ y en Nantes $1^{m},30$, en Francfort no pasa de 42 centímetros, en San Petersburgo de 45, y otro tanto en Viena. En Siberia apenas llega á 20, y si se avanza al Este, la cantidad es menor. En Argel el promedio del agua caída es de 200 milímetros, y de 100 en Orán y Mostaganem. Por poco que se descienda al Sur, la cantidad de lluvia disminuye rápidamente, y en Biskra, ciudad situada en los confines del desierto, este promedio no pasa de 5 milímetros, cantidad del todo insignificante.

Comparando un crecido número de observaciones, se ha venido en conocimiento de una tercera ley. El relieve del terreno introduce una variación en los dos elementos de distribución que acabamos de considerar. Si una masa de aire saturada de humedad, una capa de nubes, tropieza con una cadena de montañas esta prominencia del suelo la detendrá en parte. Pero las nubes no se detendrán

mucho tiempo. Las corrientes de aire que se remontan sobre las pendientes de las montañas las elevarán al propio tiempo; se enfriarán á razón de un grado por cada 120, 150 ó 200 metros, según la estación y la temperatura, y experimentarán una condensación progresiva, de tal suerte que, cuando lleguen á la cresta de la cadena de montañas, podrán rebasarla, caerá una gran parte de su agua y acabará de caer en dicha cresta. La diminución del aire las priva también de su agua, poco más ó menos del mismo modo que una corriente de agua favo

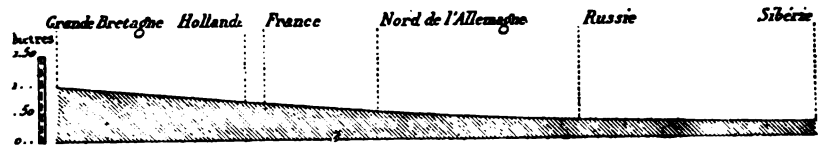


Fig. 73. – Diminución de las lluvias según la distancia del Océano

rece la caída de los depósitos que tiene en suspensión. Por consiguiente, cae más agua en un país erizado de montañas de la que caería en él si éstas no existieran, y si las nubes flotaran sin obstáculos sobre inmensas llanuras; del mismo modo, llueve más en la vertiente expuesta al viento marítimo que en la vertiente opuesta. Esta es la causa de que las nubes que, al pasar por encima de Lisboa, sólo dejan caer 70 centímetros de agua cada año, detenidas poco después por

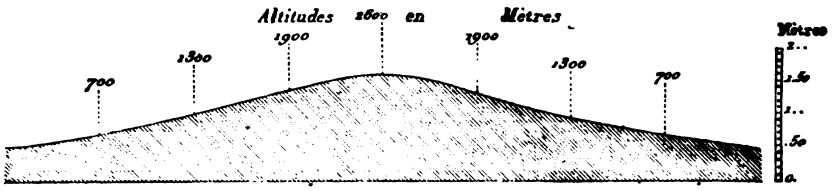


Fig. 74. – Acrecentamiento de las lluvias según el relieve del terreno

las heladas cimas de las montañas de Portugal y de España, viertan tres metros en Coimbra.

Las nubes que pasan por el cenit de París derraman cada año 50 centímetros de altura de agua; á medida que aumenta la altitud, se ve cómo aumenta también esta cantidad; así es que, sin salir de la cuenca del Sena, vemos que cae un metro de agua pluvial en la meseta de Langres, y $1^{m},80$ en el descanso superior del Morván, en los Settons (Nièvre). En Ginebra, al pie de los Alpes, la cantidad anual de lluvia es de 825 milímetros, y en el paso del gran San Bernardo de 2 metros.

Hay regiones en que se encuentran reunidas de tal modo estas condiciones, que las nubes se detienen en ellas como si estuviesen atraídas de un modo permanente. Por ejemplo, la elevada cadena del Himalaya detiene las nubes procedentes de la inmensa evaporación del Océano Indico. En Cherra-Ponjee, situada

en los montes Garrows, á 1.360 metros de altitud, al Sur del valle del Brahmaputra, la cantidad de agua derramada por las nubes llega á 14m,80. Estas regiones montañosas y cercanas del trópico son probablemente las del máximo de lluvia en la tierra, y en ellas se encuentran los grandes depósitos de los ríos asiáticos. En estas mismas pendientes inferiores del Himalaya, hacia la vertiente occidental de los Ghattes, suelen caer 7 ,67 de altura media de lluvia, cifra que resulta de un período de 14 años de observaciones. Se ha dado el caso en dichas montañas de que un aguacero de cuatro horas tan sólo cubriera el suelo con una capa líquida evaluada en 76 centímetros, más de lo que recibe París en todo un año. Es indudable que en las regiones de la zona tórrida no hay parte alguna donde esté favorecida de un modo tan notable. La especie de embudo que forma el golfo de Uraba, en las Indias, recibe aún mayor cantidad de lluvia.

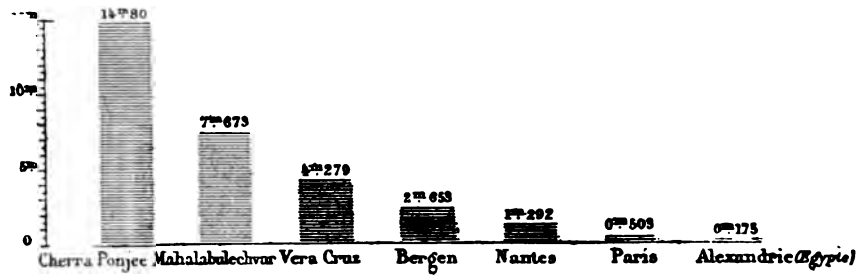


Fig. 75 – Alturas de lluvia comparadas

En el golfo de Méjico se observa que las lluvias de verano, únicas que allí caen, vierten en Veracruz más de 4 metros de agua. Conforme nos vayamos alejando de las regiones tropicales, ya no se encuentran esos curiosos máximos de lluvia, como no sea en las cadenas de montañas que, colocadas á través de la corriente general, la obligan á remontarse y la detienen; tal es, por ejemplo, el efecto producido por los Alpes escandinavos que separan la Suecia y la Noruega. La vertiente occidental de esta cadena recibe mucha más agua que la oriental; en Bergen caen anualmente 2m,65, es decir, más que en ninguna otra ciudad de Europa. Por último, hay otros muchos puntos singularmente favorecidos por su situación marítima abierta á la corriente SO., como Nantes, por ejemplo, que recibe 1 m,30 de agua pluvial al año.

Al reunir y comparar las observaciones hechas en un considerable número de puntos diseminados por la superficie del globo, se han podido comprobar las tres influencias que acabamos de mencionar, marcar en el planisferio las alturas de agua observadas y trazar la carta de las lluvias en el globo entero.

La precipitación de vapor acuoso más intensa tiene lugar en el Norte del ecuador, en el Atlántico, á cada lado de esta misma línea en el Pacífico y al Este de la América. En estas mismas regiones, el máximo, la altura de lluvia superior á 2 metros resulta en Asia en las islas de Borneo, Sumatra, Java, á lo

largo de las montañas de Cambodje, del Himalaya y de los Ghattes en la costa occidental del triángulo que forman las playas indias; en Africa, á lo largo de las mesetas de la costa oriental; en el Atlántico, entre Guinea y la Guayana; en la América del Sur, en los Andes de Chile, en el cabo de Hornos, y en la cima de las Cordilleras, sobre el Perú, que por contraste es una comarca sin lluvias. Por último, la cadena de montañas que costea la América del Norte al

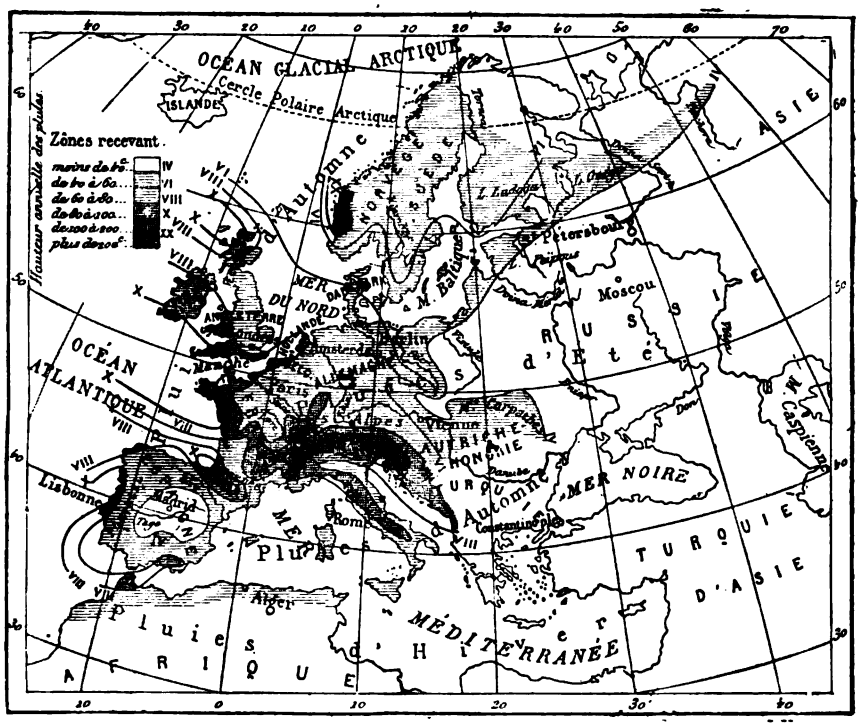


Fig. 76 – Proporción de las lluvias en Europa

Este, entre los 50 y 60 grados de longitud, ofrece también un máximo de más de 2 metros de lluvia anual.

Las regiones sin lluvia se extienden á lo largo del Sahara, del Egipto, de la Arabia y de la Persia, saltando luego á la Mongolia y aun á la Siberia, excepto la región del Asia central, donde los monzones y las lluvias de invierno vierten un poco de agua.

Por lo que respecta á la Europa, se observan lluvias relativamente abundantes, de 1 á 2 metros, en las zonas marítimas de Portugal, de Bretaña, de Irlanda y de Suecia. La proporción de las lluvias disminuye gradualmente de Oeste á Este, con zonas de condensación producidas por las desigualdades del terreno. En ciertos puntos hay regiones donde las lluvias son muy raras, como, por ejem-

plo, en Grecia, el clima de la Atica es seco y el cielo está despejado por lo general; su aire ha pasado siempre por ser el más puro de la Grecia, y hoy día también lo es; M. Lusieri, cuya casa estaba situada en el terreno ocupado antiguamente por el Pritaneo, tuvo un papel expuesto al aire libre toda la noche, y á la mañana siguiente pudo escribir en él sin dificultad. A esta extraordinaria sequedad del aire se atribuye la asombrosa conservación de los monumentos atenienses.

El hemisferio boreal recibe una proporción de lluvia más considerable que el austral, proporción que casi llega á una cuarta parte. Este exceso se debe principalmente á la zona ecuatorial boreal de las lluvias y á los monzones. Sin embargo, nuestro hemisferio posee mucha más tierra firme que el otro, y la evaporación se verifica en mayor escala en el hemisferio austral, ocupado casi enteramente por el Océano.

Por consiguiente, el Océano del hemisferio de nuestros antípodas es el que alimenta en gran parte nuestras nubes, nuestras lluvias, nuestros ríos y nuestros arroyos.

Consistiendo la distribución de las lluvias en la doble causa de las variaciones de temperatura y en los vientos reinantes, compréndese que en ciertas comarcas sea más ó menos abundante según las estaciones, y así lo ha demostrado la observación.

Los países que tienen lo que se llama *estación de lluvias* son los situados entre los trópicos, y donde el Sol pasa perpendicularmente dos veces al año sobre la cabeza de los habitantes, ocasionando en estas épocas un exceso de calor que debe traducirse naturalmente por un enrarecimiento enérgico de las capas que descansan en el suelo, por la elevación de estas capas demasiado tenues ya para soportar las superiores, y, en fin, por el enfriamiento y la lluvia que siguen siempre á estos efectos. Es imposible formarse una idea de la masa de agua que representan las lluvias de estaciones en las cuencas del Amazonas y del Orinoco. Después de los desbordamientos de estos ríos y de sus afluentes, en muchas decenas de metros de altura, toda una comarca tan vasta como la Europa entera se convierte literalmente en un mar de agua dulce, que al penetrar en el Océano le deja sin sal hasta una distancia muy considerable de las costas, no siendo á su lado los inmensos lagos de la América septentrional más que pequeños estanques. En aquel formidable aparato de fuerzas físicas, en que la naturaleza, superior é irresistible en su acción, llama á sí toda la atención del hombre que ve amenazada su existencia, la ciencia de observación progresa forzosamente, y los mejores físicos son los mismos habitantes de aquellos países, puesto que su conservación depende del conocimiento de las vicisitudes de las estaciones.

Así, pues, en los Estados Unidos, en el Atlántico, desde el 24.° hasta más allá del 40.° grado de latitud, en España, en el Sur de Francia, en Italia, Grecia, Turquía, Asia, China, Japón y en el Pacífico, bajo las mismas latitudes, caen las lluvias casi enteramente en invierno, prescindiéndose de la región de los

monzones periódicos; y en ciertos países meridionales transcurren meses enteros sin que aparezca una sola nube en el cielo. Lo mismo sucede entre el 25.° y el 40.° grado de latitud austral, en Buenos Aires, en el Cabo y en Melbourne.

Las lluvias caen durante el verano en una zona que se extiende entre el 12.° y el 25.° grado de latitud Sur, y también en casi todo el globo.

Caen en todas estaciones en una zona comprendida entre el 40.° y el 60.° grados de latitud Norte, y que llega á veces hasta el 75.° más allá de Islandia y de la Suecia, para estrecharse en Asia.

Noruega, Bélgica, Francia, Alemania y Polonia reciben 50, 60 y 70 centímetros; las cantidades disminuyen á medida que nos alejamos del mar para penetrar en el interior de las tierras. Así las villas de Bélgica reciben más de 700 milímetros de agua, mientras que en igualdad de latitud las villas de Alemania y las más cercanas al Asia reciben cantidades menores. Por otra parte, las dos estaciones más lluviosas son el verano y el otoño. Inglaterra, desde este punto de vista, está en una posición del todo especial, pues recibe, como rodeada por el mar, mucha más agua de lo que indicaría su latitud.

Hemos hecho mención de la cantidad de lluvia anual (2",25) que cae en Bergen. Desde este punto de vista, forma dicha ciudad una excepción sorprendente en la meteorología del globo, puesto que no hay en toda Europa otra en que la lluvia sea más abundante. Hállase situada en medio de una prolongada bahía, expuesta al soplo de los vientos del Oeste que se ven detenidos por montañas, de suerte que, valiéndonos de la observación de Kaemtz, el agua cae en ella exprimida mecánicamente.

El estado del cielo ejerce una influencia constante, no sólo sobre la vida del hombre, apegado materialmente á las producciones de la Tierra, sino aun sobre su carácter y sobre su espíritu.

¿Se han observado, como lo merecen, esos tristes días de noviembre, durante los cuales hay una cortina impenetrable extendida constantemente sobre nuestras cabezas? El Sol no la atraviesa: en vez de luz, sólo tenemos una claridad monótona y triste; en lugar del risueño calor de los rayos solares, un manto sepulcral; no parece sino que la luz, la alegría, la vida, han huído de la Tierra. El empedrado de las calles está resbaladizo; la humedad, penetrante; la tierra, fangosa; los caminos, convertidos en lodazales; el día apenas tiene la suficiente claridad; la niebla desciende hasta el suelo; la Tierra parece abrumada por una inmensa cubierta, y nosotros permanecemos sumidos en la obscuridad siniestra de las regiones inferiores.

¡Ah! ¡Qué diferencia cuando penetramos á través de esa capa de nubes obscuras y la atravesamos para flotar en la Atmósfera iluminada y alegre! Allá arriba reinan constantemente el júbilo y la belleza; el Sol no se extingue; el azul de los cielos no se ofusca; el aire es seco y transparente, y al pensar en la muchedumbre humana que hace millares de años consiente en arrastrarse como las sabandijas por el suelo viscoso á través de la bruma y del desagradable olor

de la negra niebla, no puede menos de causar asombro que el genio del hombre no se haya aclimatado todavía en las regiones serenas de la inalterable luz.

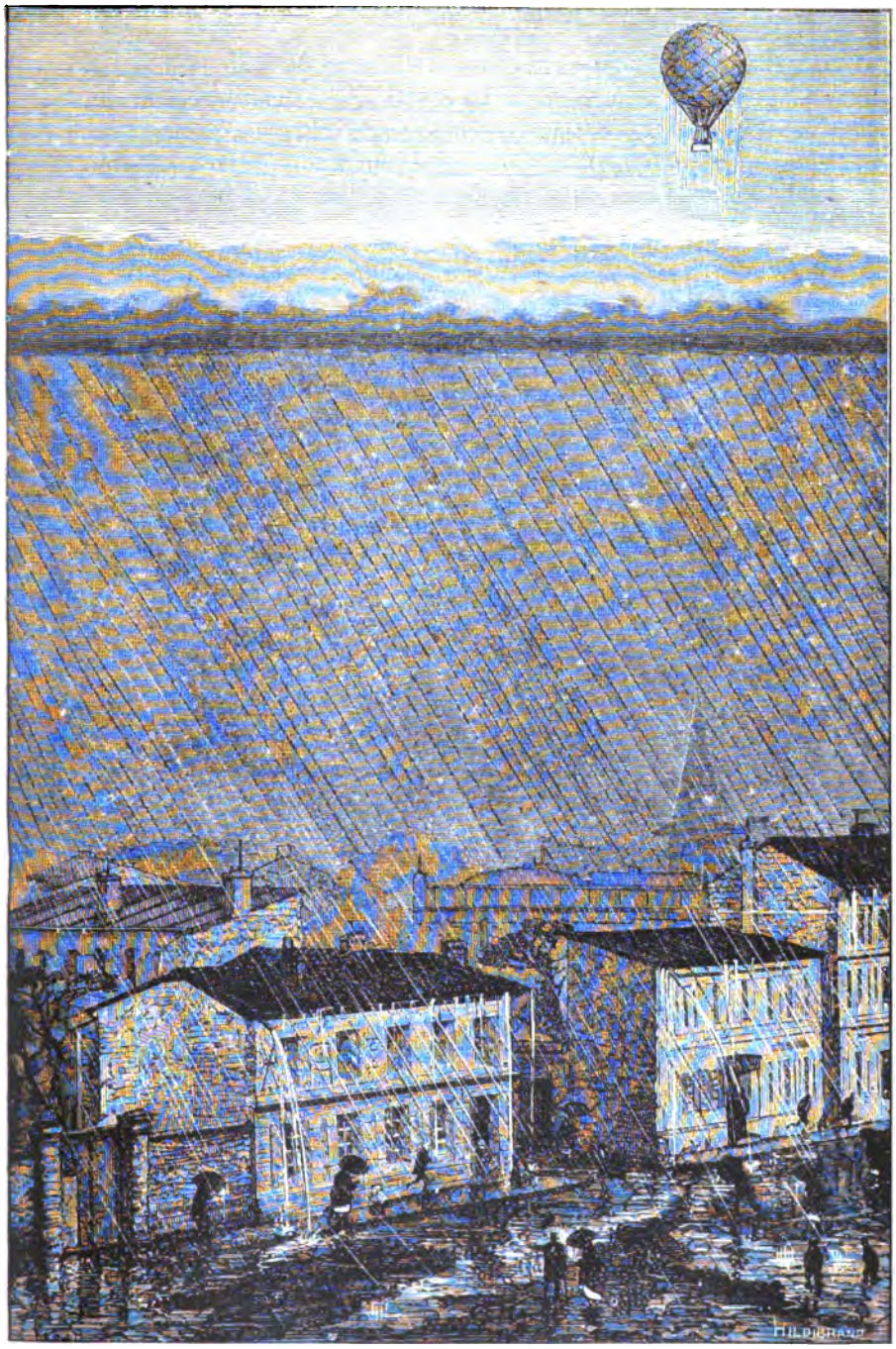
Si imaginamos un corte de la Atmósfera durante una lluvia, vemos la pobre mansión de los humanos azotada por un aguacero diluvial, trastornada por el viento, llena de lodo, y todo, en fin, entregado á un ridículo desorden, en tanto que sobre la doble capa de nubes el aeróstato se cierne en medio de su tranquilidad luminosa. Pero consideremos especialmente el estado de la lluvia en Francia.

Varias veces se ha supuesto á la Francia dividida en cinco regiones climatéricas: 1.° El clima sequanés, que ocupa el Norte y el Noroeste, limitado al Sur por el Loira, Tours y Nevers; al Este por los departamentos del Aube y del Marne. 2.° El clima vósgico, formado por los departamentos del Mosa, del Mosela, del Meurthe, del Alto Marne, de los Vosgos, de las Ardenas, y del Alto y Bajo Rhin. 3.° El clima rodanés, cuyo límite Oeste lo forma la cadena de la meseta de Langres, de la Costa de Oro, del Charolais, del Lionés y de las Cevenas. 4.° El clima mediterráneo, que comprende los Altos y Bajos Alpes, los Alpes marítimos, el Var, las Bocas del Ródano, el Ardeche, el Gard, el Heraull, el Aude y los Pirineos orientales; en una palabra, el litoral del Mediterráneo. 5.° En fin, el clima girondino, que ocupa todo el Oeste de la Francia, desde el Morván y el Charolais, hasta el Océano y los Pirineos.

Considerando separadamente la cantidad de lluvia anual peculiar á cada una de estas divisiones, resulta el siguiente cuadro:

CLIMAS	Cantidad anual media.	CANTIDAD RELATIVA				Orden de las estaciones con respecto á la cantidad de lluvia	Número de los días de lluvia.
		Invierno	Primavera	Verano	Otoño		
	mm						
Vósgico.	669	19	23	31	27	V. O. P. I.	137
Sequanés (sin las penínsulas).	548	21	22	30	27	V. O. P. I.	140
Girondino.	586	24	21	22	34	O. I. V. P.	130
Rodánico	946	20	24	23	33	O. P. V. I.	107
Mediterráneo.	651	25	24	11	40	O. I. P. V.	53
	mm						
Promedios. . . .	681	22	23	22	33		113

Por consiguiente, la medida media anual de la lluvia en Francia está representada por una cantidad de 68 centímetros, de los cuales corresponde el 33 por 100 al otoño. Por término medio hay 113 días de lluvia cada año en el conjunto de la Francia; pero, según los países, existen grandes diferencias, puesto que en las costas del Mediterráneo solamente se cuentan 53, al paso que en el Norte y en la latitud de París llegan á 150. El número de días de lluvia no tiene ninguna relación con la cantidad de agua caída. Hay más días de lluvia en invierno, pero cada lluvia da más agua en verano.



CORTE DE LA ATMÓSFERA DURANTE UNA LLUVIA

La cantidad de lluvia que cae anualmente en dos puntos de un mismo distrito difiere mucho con frecuencia. La causa de esta diferencia reside en el relieve del terreno, en la existencia de colinas ó de valles que dirigen y acumulan las nubes en puntos particulares que se ven inundados de lluvia, mientras que las localidades separadas de las primeras por colinas de 60 ó 70 metros de altu-

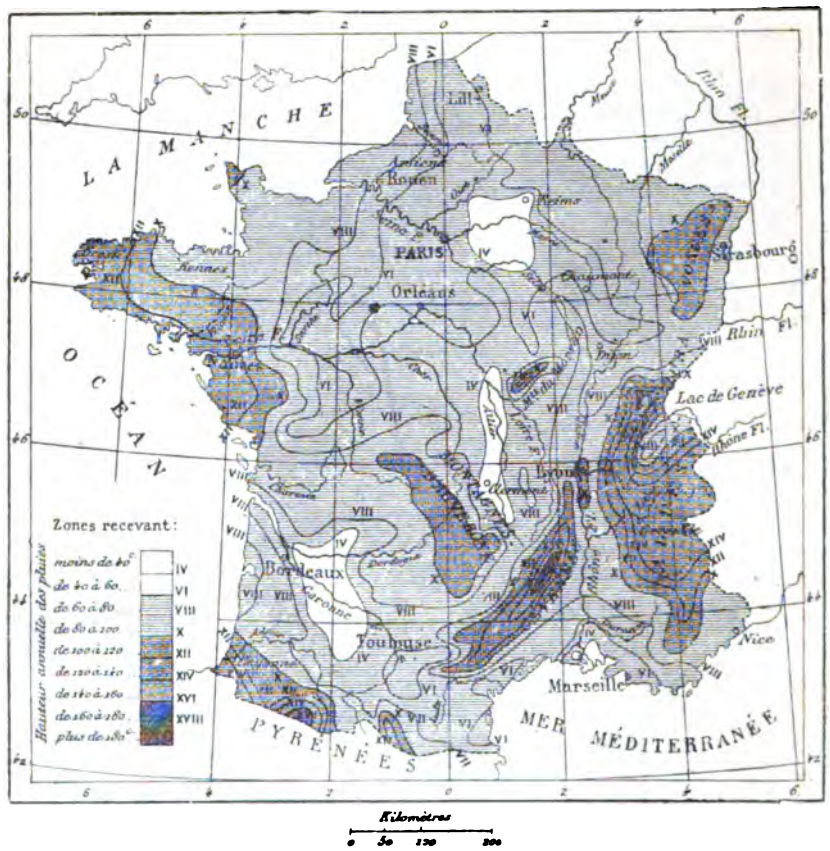


Fig. 77. – Distribución de las lluvias en Francia

ra sólo reciben una insignificante cantidad de agua. A estas circunstancias se debe indudablemente el que ciertos cultivos den buen resultado en cantones especiales, y que en los inmediatos no pase de ser mediano.

Así pues, la agricultura está vivamente interesada en que se estudie y conozca hasta en sus menores detalles la distribución de las lluvias.

La cantidad de agua que cae durante una lluvia se mide con el auxilio del instrumento llamado *pluviómetro* ó *udómetro*, el cual consiste siempre en un embudo dispuesto para recibir el agua de lluvia, y en un recipiente destinado á

conservarla hasta medirla. En ciertos pluviómetros, el agua se mide directamente á sí misma pasando por un tubo graduado adaptado al recipiente; en otros hay un sistema de báscula que hace caer el agua, tan luego como se reune en cierta cantidad, en un depósito lateral, y marca automáticamente la cantidad desprendida de las nubes. La superficie de los pluviómetros ofrece dimensiones

Fig. 78. - Pluviómetro de la azotea del Observatorio de París

variadas. En la cuenca del Sena, M. Belgrand ha hecho experimentos en Fatouville con aparatos el mayor de los cuales medía 25 metros cuadrados de superficie, y el más pequeño 1 decímetro cuadrado solamente. Los de 2 decímetros marcan las alturas de lluvia con suficiente exactitud.

En el Observatorio de París hay dos: uno en la azotea y otro en un jardín; tienen 8 decímetros de diámetro. Por espacio de mucho tiempo, el de la azotea presentaba siempre una diferencia de 4 á 5 milímetros menos que el del jardín

habiéndose basado en esta circunstancia toda una teoría explicando el aumento de las gotas de lluvia durante su caída; pero semejantes diferencias se debían á corrientes inferiores, á remolinos que hoy no existen.

El pluviómetro de la azotea, situado en un pequeño pabellón terminado por un techo cónico, conforme se ve en la figura 78, está á 28 metros del suelo, es decir, á 87 sobre el nivel del mar. Se colocó en 1803, y desde entonces ha marcado cada año la cantidad de agua caída anualmente en París.

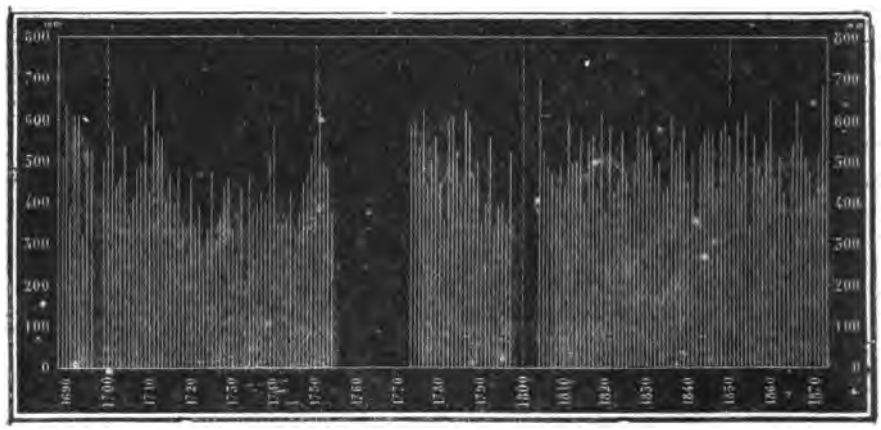


Fig. 79. – Cantidades de lluvia caídas anualmente en París desde 1690 á 1870

El del patio se puso en 1817. Estas medidas no se anotan en el Observatorio de París desde el fin del siglo penúltimo solamente.

Desde el año 1689, la Hire había instalado un pluviómetro en la torre del Este, pero este depósito no recibía el agua más que por intermedio de un tubo de 21 metros de longitud. Esta disposición defectuosa no fué modificada hasta la instalación del nuevo pluviómetro, en 1803. En el Apéndice publicaremos todas las observaciones hechas desde 1789.

Según hemos visto, caen anualmente 51 centímetros de agua en la azotea del Observatorio, distribuída mensualmente como sigue:

PROPORCIÓN MENSUAL DE LAS LLUVIAS EN LA AZOTEA DEL OBSERVATORIO DE PARÍS

	Altura en milímetros	Término medio de los días de lluvia
Enero	35	20
Febrero	30	19
Marzo	33	16
Abril	38	16
Mayo	49	15

	Altura en milímetros	Término medio de los días de lluvia
Junio..	51	18
Julio..	51	15
Agosto.	48	17
Septiembre..	50	15
Octubre..	46	18
Noviembre..	44	21
Diciembre.	37	21
Promedio anual.	512	211

El promedio mensual es de. . . . . $42^{mm},7$
El promedio diurno de.. . . . . $1^{mm},40$

Preséntase, como se ve, un considerable máximo durante los copiosos aguaceros de mayo y junio, así como durante los largos días lluviosos de octubre y noviembre. El mínimo es más marcado en febrero y marzo. En invierno hay

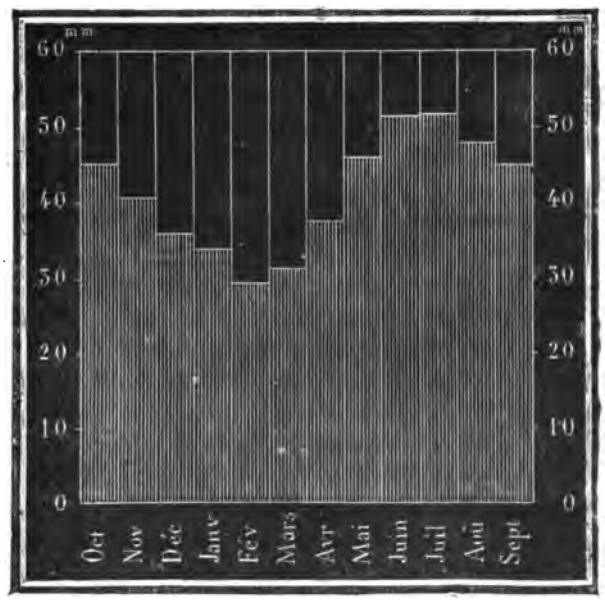


Fig. 80. – Cantidades medias de lluvia caídas mensualmente en París

más días nublados y lluviosos que en verano, pero cada lluvia da menor cantidad de agua; lo contrario de lo que sucede en la estación cálida, durante la cual las lluvias son abundantes.

El carácter de un año por lo que respecta á las cosechas y á los productos de la Tierra depende de la distribución de las lluvias entre los diferentes meses

más bien que de su cantidad total. La calidad del vino, la cantidad del trigo, la abundancia de los pastos dependen de la repartición de la lluvia según la temperatura de los diferentes meses. El año más húmedo, después de 1689, fué el de 1873: cayeron 70 centímetros de agua en París-Montsouris; el más seco fué el de 1733: en él cayeron sólo 21 centímetros de agua (1).

(1) Véase en el Apéndice la tabla de las *alturas mensuales de lluvias* desde 1805, y la de las *alturas anuales* desde 1689, según los registros del Observatorio de París.

CAPÍTULO IV

LAS GRANDES LLUVIAS Y LAS INUNDACIONES

LLUVIAS FERTILIZADORAS. — LLUVIAS DESTRUCTORAS. — SISTEMA DE LAS CORRIENTES, FUENTES Y MANANTIALES. — LA MAYOR CANTIDAD DE AGUA CAÍDA EN UN AGUACERO. — LOS AÑOS LLUVIOSOS.

«El Sol, escribía Luis Napoleón Bonaparte antes de su elevación al poder, absorbe los vapores de la Tierra para distribuirlos en seguida en estado de lluvia entre todos los sitios que necesitan agua para ser fecundados y producir. Cuando esta restitución se verifica con regularidad, la fertilidad es su consecuencia; pero cuando el cielo encolerizado devuelve particularmente en tempestades, trombas y tormentas los vapores absorbidos, entonces se destruyen los gérmenes de producción, resultando la esterilidad, porque da á los unos demasiado, y menos que suficiente á los otros. Sin embargo, cualquiera que haya sido la acción benéfica ó maléfica de la Atmósfera, al cabo del año siempre toma y devuelve la *misma cantidad de agua*. No hay más diferencia que en el *reparto*, que si es equitativo y regular, crea la abundancia, y si pródigo y parcial, la carestía.

»Una buena ó mala administración produce los mismos efectos. Si las sumas con que contribuyen anualmente la generalidad de los ciudadanos se aplican á gastos improductivos, como, por ejemplo, en crear destinos inútiles, en elevar monumentos estériles, en sostener, en medio de una paz profunda, un ejército más dispendioso que el que venció en Austerlitz, en este caso el impuesto es una abrumadora carga, aniquila al país, toma sin restituir; pero si, por el contrario, se emplean dichos recursos en crear nuevos elementos de producción, en restablecer el equilibrio de las riquezas, en destruir la miseria fomentando y organizando el trabajo, en curar, en fin, los males que nuestra civilización trae consigo, entonces el impuesto es para los ciudadanos, como cierto ministro lo dijo un día en la tribuna, la mejor colocación que pueden dar á su dinero.» (*Extinción del pauperismo*, 1844, cap. I.)

Así se expresaba el candidato al trono de Francia cuando gemía cautivo en la fortaleza de Ham. Mientras esperamos que una república inteligente y fuerte venga á realizar tan hermoso sueño, tengamos siempre presente la sensata comparación que acabamos de reproducir, y apreciemos su realidad sin desviarnos del motivo que la ha inspirado.

En efecto, la lluvia derrama el bien y el mal, la fecundidad ó la esterilidad, la abundancia ó la miseria: corona dignamente el trabajo afanoso del labrador, ó le paga con ingratitud, defraudando sus más halagüeñas esperanzas.

La lluvia no tan sólo alimenta los vegetales con la humedad que comunica al suelo, sino que les lleva consigo cierta cantidad de amoníaco del cual sacan el nitrógeno, gas absolutamente necesario para su progreso; introduce en la tierra vegetal los detritus de los animales y de los vegetales que se consumen sin utilidad para el cultivo en los países donde no llueve; humedeciendo los abonos que el labrador extiende en sus tierras, facilita su absorción por las plantas, y es probable, en fin, que por la descomposición del agua que aspiran, adquieran los vegetales una gran parte de su hidrógeno.

El amoníaco tan volátil que existe constantemente en la Atmósfera va á parar á la tierra vegetal por el intermedio de las lluvias, y sobre todo por las tempestuosas, que constituyen de por sí un poderoso abono. Un litro de agua de lluvia contiene por término medio 8 décimos de milígramo de amoníaco, cuatro veces y media más del que contiene el agua de río, y nueve más que la de manantial y de pozo. La facilidad que posee la tierra vegetal de fijar el amoníaco del agua que penetra en ella, explica la causa de que las aguas de manantial estén generalmente privadas de él. Por mínimas que sean esas cantidades de amoníaco, acaban sin embargo por ser considerables (1). Así es que el Rhin, por ejemplo, que arrastra en Lauterburgo 1.106 metros cúbicos de agua por segundo, por término medio, no acarrea menos de 17.000 kilogramos de amoníaco por día, es decir, más de seis millones anuales. La nieve contiene mucho más amoníaco que el agua de lluvia, porque al quedarse en la superficie del suelo absorbe todo el que se desprende de éste; hallándose á veces en ella hasta 10 milígramos por litro, cuando ha permanecido algún tiempo sin derretirse. La niebla contiene proporciones mucho más considerables, pues M. Boussingault ha encontrado hasta 2 decígramos de carbonato amoniacal en un litro de agua procedente de una densa niebla odorífera.

Pero, volviendo á la lluvia, conviene manifestar que los primeros momentos de los chubascos son los que comunican á la tierra más sales volátiles, como se adivina fácilmente, puesto que lo sacan del aire; y por consiguiente, cuanto más dura la lluvia, menos cantidad contiene proporcionalmente. Esta es la razón de que medio milímetro de altura de agua haya dado por término medio 2,94 milígramos de amoníaco; un milímetro, 1,37; cinco, 0,70; diez, 0,43, y veinte, 0,36 por milímetro.

Veamos ahora cuál es la marcha de las aguas pluviales en la superficie del suelo. O el terreno es permeable ó no lo es. En el primer caso, el agua penetra más ó menos profundamente, y empapa la tierra como una esponja. En el se-

(1) Valuando la cantidad de amoníaco en 136 milésimas del peso del aire, se calcula que pesando el aire que cubre cada *hectárea* de terreno 103.329,858 kilogramos, contiene 137,429 de amoníaco en disposición de pasar á la tierra.

gundo, apenas penetra, no moja más que la superficie, y se desliza por los declives inundándolo todo á su paso. Sin embargo, los terrenos permeables no se empapan hasta una gran profundidad, porque una gran parte del agua caída en los ríos se evapora de nuevo, ó baja oblicuamente para correr por las pendientes. Se necesita más de un día de lluvia continua, dice M. Rozet, para mojar á 2 decímetros de profundidad la tierra labrantía cultivada de la Turena, y aun después de las mayores lluvias continuadas por espacio de muchos días, el suelo no está mojado más allá de un metro. Los depósitos subterráneos que inundan la tierra de conductos de agua parecidos á venas no proceden de las aguas pluviales que han atravesado el terreno, sino de las que, caídas en los peñascos, pasan á través de las hendeduras de las piedras sin ser absorbidas.

El sistema de las corrientes de agua es muy diferente, según que corran por terrenos permeables ó impermeables. El Sena y el Saona, por ejemplo, tienen un curso lento y tranquilo; sus aguas suben muy despacio y bajan con más lentitud, porque los terrenos de sus cuencas son permeables en casi toda su extensión. El Loira, por el contrario, es un río esencialmente torrencial en toda su parte superior donde los terrenos impermeables por su naturaleza ó por su posición predominan con mucho sobre los permeables. Toda la región Noroeste de la Francia presenta una notable homogeneidad de clima; la cuenca del Sena en particular está sometida por completo á las mismas influencias atmosféricas por lo que se refiere á la lluvia. De aquí resulta que el nivel de todas las corrientes de agua sube y baja en las mismas épocas, y que, según la expresión de M. Belgrand, se haya podido prever la crecida de un arroyo del Morván por medio de observaciones hechas en otro de Normandía. El Loira, el Saona, el Mosa y el Sena crecen siempre al mismo tiempo durante la estación húmeda. Durante la calurosa, las lluvias son más locales, y las crecidas que producen en una cuenca pueden faltar enteramente en otra.

Para medir la altura de las aguas se suelen colocar en los pilares de los puentes escalas métricas graduadas de abajo arriba. En Francia se marca el punto de partida ó cero de dichas escalas en el nivel señalado por las aguas en las épocas de las más grandes sequías conocidas, y á esto es á lo que se da el nombre de *etiage* (1) ó nivel de las aguas más bajas de verano. Este punto no se ha fijado aún con rigurosa exactitud, no siendo raro que en París las aguas bajas desciendan algo más. El *etiage* forma la base de la escala del puente de la Tournelle; en el Pont-Royal el cero se encuentra 60 centímetros más arriba.

La altura media del Sena en París es de $1^m,24$; altura que se eleva por término medio, en invierno á $2^m,01$, en la primavera á $1^m,51$ y en el otoño á $0^m,83$. Las aguas más bajas del Sena de un siglo á esta parte han sido las del 13 de septiembre de 1803: 23 centímetros por bajo del nivel ordinario. Las más altas lo fueron las de 1802, $7^m,45$, y las de 1836, $6^m,40$. Su volumen, por tér-

(1) Palabra que no tiene equivalente en español y que podría traducirse por *veraneo*. *(N. del T.)*.

mino medio, es de 250 metros cúbicos por segundo; en el mínimo de nivel queda reducido á 75; ha llegado á 1.400 en la mayor crecida conocida, la de 1615, á $8^m,4$ de altura. Las inundaciones del Sena fueron bastante frecuentes en los siglos pasados; hoy son afortunadamente más raras, lo cual consiste en que el río está más cuidado que en otro tiempo y en que ha desaparecido la broza de que estaba lleno. Los puentes son más anchos, y así como antiguamente sus estrechos arcos formaban verdaderas vallas después de las heladas, hoy el deshielo se verifica sin peligros. A esta causa mecánica hay que añadir otra meteorológica, y es que en la actualidad el Noroeste de la Francia es un poco más seco que en los siglos precedentes. El Sena desciende casi todos los años por debajo del mínimo del nivel marcado.

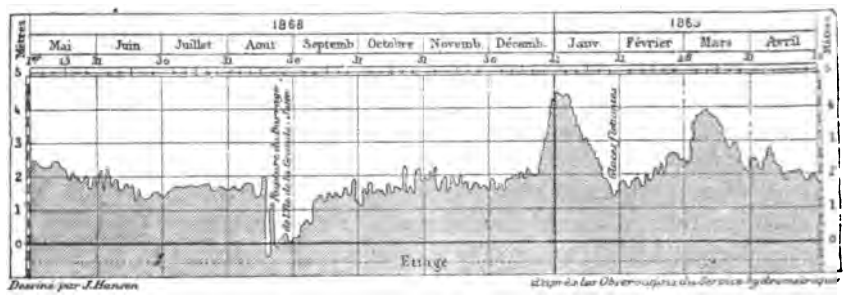


Fig. 81. – Altura del Sena en París (Pont-Royal) durante un año (desde el 1.° de mayo de 1868 al 30 de abril de 1869). Las variaciones bruscas de nivel se deben á las esclusas del Yonne y del Sena.

Las inundaciones no han tenido nunca otro origen sino las lluvias que se ponen en rápida circulación tan pronto como caen, ó el derretimiento de las nieves y de los hielos cuando son á la vez muy abundantes y repentinos. Como el agua que cae en la cuenca de un río tiene forzosamente que correr con él hacia el mar, hace que se desborde cuando rebasa sus márgenes. Por ejemplo, la cuenca del Sena mide 44.000 kilómetros cuadrados de superficie y recibe anualmente 28.000 millones de metros cúbicos de lluvia: deduciendo el 50 °/o por la evaporación, quedan 14.000 millones de metros cúbicos que renuevan todos los años las corrientes de dicha cuenca, y cuyo curso desproporcionado ocasiona las inundaciones.

Generalmente se cree que la masa de agua que cae en forma de lluvia cada año es insuficiente para alimentar las vastas corrientes de agua que nos ofrecen las diversas cuencas físicas que surcan el globo. Sabemos cuánta agua cae anualmente en muchas localidades; y teniendo en cuenta la extensión de la comarca así regada, resulta mucha más agua de la que se necesitaría para alimentar los ríos. Por lo demás, la evaporación de los terrenos humedecidos debe devolver inmediatamente á la Atmósfera la mayor parte del agua que cae, y que por lo común penetra poco en la tierra cuando ésta no es muy arenosa ó pedregosa. Así, pues, esta

masa de agua, cuyo peso matemático confunde la imaginación, va y viene siempre de la Atmósfera á la Tierra y viceversa, cayendo sin cesar en forma de lluvia para volver á subir sin cesar en la de vapor, y continuando esta marcha indefinidamente.

Admitamos, y nos quedamos muy cortos, que el conjunto de las lluvias anuales en toda la superficie de la Tierra formara en torno del globo una capa de 50 centímetros de espesor, si las filtraciones por un lado y la evaporación por otro

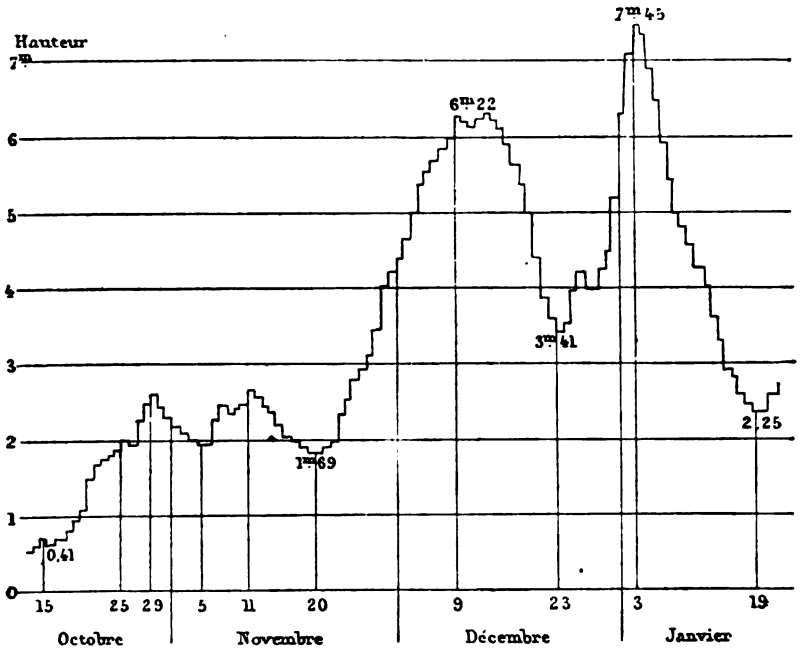


Fig. 82. – Curva de una gran crecida del Sena. Invierno de 1801-1802

no desecaran el suelo á su vez después de cada lluvia: en este caso resultaría fácilmente como volumen de dicha capa con el radio medio del globo igual á 6.362.200 metros, la cifra de 63.687.546.691.423, ó sea 175.000 millones de metros cúbicos por día, que la evaporación debe devolver á la Atmósfera; y dividiendo ahora dicha cantidad por 86.400 (número de segundos que tiene un día) tendríamos como cantidad media de agua reducida al estado de vapor, *en cada segundo*, por la acción calorífica del Sol, dos millones ciento veinticinco mil metros cúbicos, es decir, algo más de dos millones de litros de agua!

Las fuentes no son otra cosa sino aguas de lluvia filtradas en terrenos arenosos ó permeables, detenidas por capas impermeables de roca, creta ó arcilla, y por las cuales se deslizan hasta que encuentran en la pendiente una salida por donde brotan. Así es como las aguas de los pozos artesianos llegan á París, entre dos

capas impermeables, desde los confines de la Champaña, ó sea desde muchos centenares de kilómetros. Se ha escrito mucho acerca de las fuentes que existen en las cumbres de ciertas colinas ó montañas. Después de bien calculado todo, resulta que la cantidad de lluvia caída en aquella pequeña localidad según las indicaciones de los pluviómetros, es más que suficiente para alimentar aquellos escasos manantiales (1).

Las crecidas extraordinarias, los desbordamientos é inundaciones proceden del carácter de la lluvia en las diferentes regiones de la cuenca. La mayor crecida del Sena en el siglo último ha sido la del invierno de 1801-1802 que llegó á $7^m,45$ el 3 de enero.

En 1836 la crecida del Sena pasó igualmente de 7 metros; en 1856 y 1866 pasó de 6 metros; lo mismo sucedió en la doble crecida consecutiva de los 7 de diciembre de 1882 y 5 de enero de 1883.

Las grandes inundaciones de 1856, que aún se recuerdan con espanto y que sembraron la muerte y el estrago en las dos ricas é inmensas cuencas del Loira y del Ródano, se debieron á la abundancia de las lluvias que corrieron por terrenos impermeables. La marcha general del Ródano y el Saona difieren mucho. El nivel mensual del segundo, cuyo curso es lento, varía con las estaciones; baja desde $2^m,29$ (enero) hasta $0^m,53$ (agosto), al paso que el primero, rápido y constante, sólo varía desde $1^m,44$ (septiembre) hasta $0^m,85$ (enero), época en que está más bajo. Aun cuando alcanza su mayor altura en estío, sus desbordamientos ocurren con más frecuencia de noviembre á mayo, á causa de la influencia del Saona. Es difícil oponer á estas inundaciones diques eficaces. El Loira, que

(1) Bernardo de Palissy había concebido la idea de formar manantiales artificiales idénticos á los de la naturaleza. Dos hectáreas en Francia, y especialmente en los alrededores de París, reciben casi 10.000 metros cúbicos de agua al año, la mitad de los cuales puede utilizarse para una fuente artificial, es decir, unos 5.000 metros cúbicos. Ahora bien: lo que los fontaneros llaman *pulgada de agua* es una fuente que bastaría muy bien para cubrir las necesidades de dos pueblos algo importantes. Una fuente que mane *media pulgada* de agua da 3.650 metros cúbicos al año (á razón de 20 metros cúbicos por día y pulgada de agua), cantidad inferior á la de 5.000 metros cúbicos de agua de lluvia que se pueden utilizar con dos hectáreas, admitiendo la pérdida de una mitad. Se necesitarían, pues, menos de dos hectáreas preparadas, para obtener infaliblemente una fuente hermosa y útil.

A este efecto, dice M. Babinet, elíjase un terreno de hectárea y media, cuyo suelo sea arenoso como el de los bosques que rodean á París, y que presente un ligero declive hacia un lado cualquiera para dar salida á las aguas. Ábrase en toda su longitud y en lo más alto una zanja de $1^m,50$ á 2 metros de profundidad por otros dos de anchura. Apisónese el fondo de esta zanja y hágase impermeable empedrándolo, ó asfaltándolo, ó, lo que es más sencillo y menos costoso, extendiendo una capa de tierra gredosa, que es bastante común en las inmediaciones de París. Al lado de esta zanja, hágase otra semejante cuya tierra se echará en la primera, y así sucesivamente hasta que se haya hecho, por decirlo así, todo el subsuelo del terreno impermeable para la lluvia. Plántese el todo de árboles frutales y sobre todo de árboles de poco tronco, que den sombra al terreno arenoso, y contengan las corrientes de aire que tendieran á reabsorber la lluvia; practíquese, en fin, en la parte más baja del terreno una especie de muro ó contrafuerte de piedra con una salida en medio. Hecho esto, se tendrá infaliblemente una fuente tan hermosa como útil que manará sin intermitencia, y bastará para las necesidades de un pueblo entero ó de una vasta granja con todas sus dependencias.

en otro tiempo tenía 3.500 metros de anchura delante de Orleáns, ha quedado reducido por sus diques á un lecho de 280; en Jargeau solamente mide 250 metros de anchura en el mismo sitio en que antiguamente se extendía lateralmente por un espacio de 7.000 metros; así es que en 1856 abrió 73 brechas á través de esas vallas: tan luego como la altura de la crecida pasa de 5 metros, las hendeduras son inevitables.

En 1856 las inundaciones del Ródano ocurrieron á fines de mayo. Una abundancia inusitada de lluvias caídas durante dicho mes, había ocasionado hacia el 20 una crecida general en toda la Francia, triste preludio de los desbordamientos que iban á inundar el Mediodía y las riberas del Ródano y del Loira. El 31, se asemejaba el Ródano en Lyón á un torrente impetuoso, habiendo quedado inundadas las partes bajas de la ciudad; el agua llegaba en ciertos puntos hasta los primeros pisos de las casas, á consecuencia de lo cual se hundieron algunas. Las aguas invadieron en breve todo el cuartel de la Guillotière; las Charpentes, Vaux, Villeurbane parecían destinadas á desaparecer totalmente. Por espacio de dos días y dos noches se hundieron muchas casas, abandonando sus escombros á la impetuosidad de las olas. Cuando se rompió el dique, todos los habitantes de la ciudad estaban entregados al sueño. La mayor parte de ellos fueron arrastrados por las aguas antes de que pudieran despertar, y á pesar de los auxilios organizados con la rapidez que exigían las circunstancias, no fué posible encontrar á muchos de aquellos desgraciados.

Casas, sembrados, caminos, ferrocarriles, todo quedó destruído en dos días por tan espantosos desbordamientos. Las pérdidas materiales ocurridas, así en el valle del Ródano como en el del Loira se calcularon en 200 millones de francos. Casi todos los ríos y riachuelos del Mediodía de la Francia engrosaron á causa de las lluvias torrenciales que no cesaron de caer por espacio de muchos días, pero ninguna crecida alcanzó las considerables proporciones del Ródano y sus afluentes (1).

(1) La repoblación de los bosques es el solo remedio eficaz contra las inundaciones. La cantidad de agua que las lluvias vierten en algunos días, y á veces aun en pocas horas, sobre las partes superiores de las altas montañas es verdaderamente enorme. Si el suelo está desnudo, decía M. Hervé Mangón en su relación de 1887 á la Administración central, estas masas líquidas se precipitan como las avalanchas en los valles inferiores, arrastrando con ellas todo lo que se opone á su paso. Los diques, los estanques artificiales propuestos por los ingenieros son más perjudiciales que útiles; todo lo más son paliativos locales que no pueden modificar el conjunto de los fenómenos ni tocar sus causas.

Los bosques y los pastos de las montañas son los reguladores más eficaces de nuestro clima y del movimiento de las aguas en la superficie del suelo. Las fuentes cesan de manar si se destruyen los bosques; reaparecen tan pronto como el hombre, mejor inspirado, deja reverdecer los bosques. Los vegetales, estos silenciosos habitantes de nuestras campiñas, son los únicos capaces de luchar por su infinito número contra las fuerzas ruidosas y destructoras de las aguas en movimiento. Con su concurso puede hacerse dentro de algunos años la reconstitución de nuestras montañas.

Es muy difícil de formarse idea clara de la grandiosa obra de la consolidación de las montañas desnudas y de la supresión de los torrentes más perjudiciales, sin haber recorrido á pie las regiones montañosas y sin haber observado sobre el mismo lugar las transformaciones ver-

La gran crecida del Garona y la inundación de Tolosa en junio de 1875 no fueron menos formidables.

Es bastante digno de notarse que en el Mediodía de Francia las inundaciones se repiten, más ó menos abundantes, todos los diez años: 1836, 1846, 1856, 1866, 1875, 1886.

Los años más lluviosos del siglo último han sido los siguientes. Las cantidades de agua indicadas aquí son las del pluviómetro de la azotea del Observatorio, y el año meteorológico está contado desde el 1.° de diciembre al 30 de noviembre.

1824..	60 cent.	1856 (abril, mayo y junio=33).	55 cent.
1828..	62 »	1860..	66 »
1845..	61 »	1866..	64 »
1849..	59 »		

Los años más secos han sido:

1820..	43 cent.	1842..	40 cent.
1823..	42 »	1855..	35 »
1826..	40 »	1863..	43 »
1833..	44 »	1870..	42 »

Donde son más frecuentes las lluvias diluviales es en los trópicos. En las orillas del Río Negro caen casi diariamente lluvias de 6 horas y de 50 milíme-

daderamente sorprendentes obtenidas en algunos años por los trabajos de repoblación en los puntos más expuestos en otro tiempo á los estragos de las aguas.

La temible violencia de los torrentes de las altas montañas no es muy conocida. Rocas enormes son precipitadas de las cimas á los valles; los pueblos son sepultados bajo las tierras arrastradas; las fértiles llanuras son recubiertas de una capa de piedras. Los hechos de esta naturaleza parecían en otro tiempo tan extraordinarios que nadie se preocupaba de explicarlos y menos aún de luchar contra la terrible fuerza que los producía. Hoy es conocido el mecanismo de los torrentes; se ha medido la altura del agua que cae durante una tempestad; se ha observado la superficie y las pendientes de las cuencas de recepción, y se sabe calcular el volumen y la velocidad de las aguas en cada punto de su curso. Se conoce, por otra parte, la movilidad de las rocas disgregadas, su tendencia á resbalar y la facilidad con que las lluvias las arrastran hasta el fondo de las cuencas. El poder de erosión de las aguas y su fuerza de arrastre no tienen nada de misterioso.

La causa del mal indica el remedio. Es preciso fijar por medio de faginas las pendientes desnudas, plantar y sembrar árboles y forrajes en toda la extensión de las vertientes laterales de los valles de los torrentes.

La vegetación no tarda en proteger la superficie contra la acción erosiva de las aguas de lluvia; el espesor del humus aumenta de año en año; el escurrimiento superficial de las aguas retenidas por las plantas entrelazadas se retrasa poco á poco; el torrente se extingue para transformarse en un riachuelo límpido y regular, mientras que hermosos bosques y ricos pastos reemplazan la desoladora esterilidad de las rocas desnudas ó el temible caos de las montañas prontas á desmenuzarse.

Hoy vemos á los árboles, arbustos y al césped detener el desmoronamiento de nuestras montañas y llegar á extinguir los más temibles torrentes; muy superiores á los trabajos ordinarios de los ingenieros civiles, que pierden cada año una parte de su solidez y valor, las obras de defensa de las montañas, fundadas en principio en el empleo de los vegetales, adquieren cada primavera una nueva fuerza y una riqueza más grande.

Los resultados obtenidos por el servicio de replantación de los bosques de las montañas son ya muy considerables.

tros de agua. En Bombay cayeron en un día 108 milímetros de lluvia según se tuvo cuidado de reconocer. El almirante Roussin observó en Cayena que la cantidad de agua recogida desde las 8 de la noche hasta las 6 de la mañana ascendía á 277 milímetros.

Hooker cita una localidad del Himalaya donde hubo un diluvio de 4 horas, semejante al desplome de una tromba, que cubrió el suelo con una capa líquida apreciada en 76 centímetros.

El 21 de octubre de 1817, cayeron en Nueva Granada 20 centímetros de agua en el corto espacio de 21 horas. Los ríos pasaron á 9 metros de su nivel ordinario.

He aquí ahora los *aguaceros más grandes* de que se conserva memoria en nuestros climas:

Las inundaciones causaron en 1827 numerosos desastres en el Mediodía de la Francia. Rara vez se ha visto una serie de lluvias tan extraordinariamente como la que hubo aquel año en la Europa entera. El 21 de mayo cayeron en Ginebra 16 centímetros de agua en el corto intervalo de 3 horas; en Montpeller, 45 centímetros, desde el 23 al 27 de septiembre, ambos inclusive; desde el 24 al 26, ó sea en dos veces 24 horas, la lluvia recogida en una fábrica de productos químicos cerca de la misma ciudad, se elevó á 32 centímetros. En Joyeuse cayeron en un solo día, el 9 de octubre, 79 centímetros de agua.

Valz presenció en Marsella, el 21 de septiembre de 1839, una deshecha tormenta que dió lugar á la más espantosa lluvia vista hasta entonces: cayeron 40 milímetros de agua en 25 minutos. La Cannebiére, hermosa calle de 30 metros de anchura, con una inclinación de 13 milímetros por metro, quedó enteramente sumergida por espacio de 5 minutos, habiéndose elevado el agua á 45 centímetros sobre las aceras.

En la cuenca del Saona hay una pequeña ciudad llamada Cuiseaux, donde casi siempre llueve más que en cualquier otro punto del mismo valle; y tanto, que antes de las terribles inundaciones de 1841, cayeron 27 centímetros de agua en 68 horas. En el mismo intervalo, sólo habían caído 15 en Oullins, cerca de Lyón.

Según refiere M. F. Petit, director del Observatorio de Tolosa, el 19 de septiembre de 1844 vió caer 35 milímetros de agua en media hora, ó sea más de un milímetro por minuto. El mismo director cita las lluvias del 23 de abril de 1841 y del 25 de marzo de 1844, que derramaron en tres horas, la una 38 y la otra 40 milímetros de agua; la del 8 de junio de 1848, que dió 49 milímetros en 5 horas; la del 6 de septiembre del mismo año, 19 milímetros en 30 minutos; la del 10 de agosto de 1859, 52 milímetros en dos chubascos sucesivos de 40 minutos cada uno, etc.

En la noche del 5 al 6 de agosto de 1857, un aguacero que inundó la ciudad de Tolosa dió al pluviómetro del Observatorio setenta milímetros de agua. M. Petit observa con este motivo que en la ciudad, cuya superficie es de una le-

gua cuadrada, vinieron á caer 11.200.000 hectolitros de agua, que representan 7.000 por hectárea, cantidad más que suficiente para enfriar el suelo y favorecer por consiguiente la caída de nuevas lluvias. Tras largos días de sequía y de calor, las nubes que llegan del mar deben quedar disueltas por la irradiación calorífica del Sol, siendo su precipitación en estado de lluvia tanto más difícil cuanto más considerable haya sido el calor. Por el contrario, cuando precede un enfriamiento, las nubes se resuelven más fácilmente. La sequía favorece la sequía, y la lluvia sirve de cebo á la lluvia.

El 20 de septiembre de 1846 cayó en Privas (Ardeche) y en una gran extensión de su término una lluvia torrencial que duró 12 horas; el agua desprendida de las nubes llegó á 25 centímetros. Todos los ríos salieron de madre, causaron grandes estragos é interceptaron las comunicaciones.

Uno de los más copiosos aguaceros de que se tomó nota en el pluviómetro de la azotea del Observatorio de París fué el del 9 de septiembre de 1865, que duró una media hora y dió 52 milímetros de agua.

Durante las inundaciones de septiembre de 1868 se observaron en Bernardino (Alpes italianos) 25 centímetros de lluvia en 24 horas.

Tratándose de aguaceros espantosos y de inundaciones repentinas, no debemos olvidar el del 4 de junio de 1839 en Bélgica.

La lluvia empezó antes del mediodía, y hasta el anochecer no ofreció nada de particular. La tormenta principió á declararse con intensidad después de las ocho; un viento impetuoso, que venía del Norte y saltó más tarde al Este, empujaba la lluvia con violencia. Por espacio de más de tres horas cayó el agua con una abundancia de que no tenemos ejemplo en nuestros climas. En muchos puntos quedaron destruídas las cosechas é inundados los campos. La tempestad desarraigó muchos árboles en el jardín del Observatorio y derribó tres álamos; al otro día se hallaron en los bulevares innumerables aves muertas ó tan atontadas por la lluvia y el cansancio que los transeuntes podían cogerlas sin dificultad. Interrumpiéronse en muchos puntos las comunicaciones por la vía férrea; pereció un gran número de cabezas de ganado, quedando destruídos sus establos; pero el desastre más terrible fué sin duda alguna el de la aldea de Borght, cerca de Vilvorde, que desapareció totalmente bajo las aguas con cuarenta de sus habitantes, los cuales perecieron entre los escombros ó se ahogaron. La tempestad, en general, asoló con más intensidad todo el valle del Woluwe y del lado de Berthein, donde hubo que lamentar la pérdida de once personas.

La cantidad de agua caída en dichas localidades debió de ser considerable, pues en Bruselas, distante algunas leguas del lugar de tan grandes devastaciones, el agua recogida en la azotea del Observatorio llegó á 112 milímetros en 24 horas: cantidad enorme, que representa la sexta parte del agua que cae allí anualmente.

Una de las lluvias más copiosas que también debemos mencionar aquí es la que cayó en Montpeller el 2 de agosto de 1871. El pluviómetro del Jardín de Plantas dió á M. C. Martins las curiosas sumas siguientes: desde las 9 y me-

dia de la noche hasta las 4 de la madrugada, una lluvia torrencial derramó sin cesar 90^{mm} de agua. Renovóse aquella desde las 6 hasta las 12 de la mañana, y dió otros 51, y por fin entre las 12 y las 4 de la tarde cayeron otros 13; representando un total de 154 milímetros en 15 horas, cantidad superior á la suma de lluvia caída en abril, mayo, junio y julio, que sólo se eleva á 133.

La lluvia más espantosa que se ha conocido es la del 21 de octubre de 1822 en Génova: ¡81 centímetros de agua en 24 horas! «Tan inaudito resultado, observa Arago, inspiró dudas á todos los meteorologistas; creyóse que era una errata de imprenta; pero el hecho quedó comprobado; pues antes de que terminara el aguacero se llenaron dos cubos de madera de 64 á 70 centímetros de altura, según se atestiguó suficientemente.»

Hemos visto que también suele haber nevadas muy abundantes. Refiriéndonos solamente á una, diremos que el *Moniteur* del 12 de enero de 1867 hacía observar que la nieve caída por espacio de algunos días en París, teniendo un espesor de 15 centímetros, representaba un volumen de *un millón trescientos cuarenta y un mil metros cúbicos*, y que para recogerla se necesitaban 15.000 carros ocupados en ello durante seis días, y 6 millones de gasto.

Al pensar en la impresión de terror que nos infunde la vista de un precipicio, se nos ocurre preguntar cómo no nos asusta doblemente la idea de tener suspendidas sobre nuestras cabezas tan enormes cantidades de agua; cantidades capaces de extender en la superficie de una hectárea *cinco mil* hectolitros de agua en 30 minutos, como sucedió en París en 1865, ú *ochenta y seis mil* hectolitros en 24 horas, como ocurrió en Génova en 1822.

En las regiones ecuatoriales, en el seno de las mesetas montañosas, de las selvas inmensas y de los lagos profundos, se presencian á veces escenas tempestuosas de que no podemos formarnos una idea aproximada en nuestros climas templados. Durante la estación de las lluvias, es decir, durante seis meses del año, la cadena de los Andes es el teatro de gigantescas tempestades.

En las Cordilleras, como en los Andes, hay tempestades y lluvias de las que las nuestras más violentas no son más que una lejana imagen. Tal fué, por ejemplo, la que asaltó cierto día del año 1876 á M. Ed. André (1) en una ascensión al volcán de Puracé (América equinoxial). «Los árboles torcidos como paja, escribe, gemían y se rompían. Los brillantes relámpagos se sucedían sin interrupción, seguidos inmediatamente de espantosos truenos. No había refugio entre aquellas rocas desnudas por donde la lluvia desaparecía á torrentes bajo nuestros pies. Se habría creído asistir á la agonía de la naturaleza.» Las lluvias de nuestras regiones templadas no llegan á tener jamás esta fantástica intensidad.

(1) *Tour du monde*, 1879, tomo II, pág. 295.

CAPITULO V

EL GRANIZO

FORMACIÓN DEL GRANIZO. — MARCHA DE LAS BORRASCAS. — DISTRIBUCIÓN CAPRICHOSA DEL METEORO EN LOS CAMPOS. — LAS MÁS FUERTES GRANIZADAS CONOCIDAS.

Apenas habrá uno solo de nuestros lectores que no se haya visto sorprendido por uno de esos terribles aguaceros que caracterizan las grávidas tormentas de nuestros países. Una atmósfera sofocante reina en la superficie del suelo; numerosas capas de negros nubarrones vuelan por el aire en diferentes sentidos; amarillentos relámpagos inflaman el cielo, estalla el rayo, y desde las alturas del firmamento se desprenden con fuerza millones de kilogramos de granizos como si se precipitaran desde las abiertas cataratas de un recipiente inmenso. Por espacio de muchos minutos el granizo surca el espacio, acribilla los jardines y los árboles, gira estrepitosamente entre los torbellinos de la tormentosa lluvia, aléjase luego con el viento, y entonces el calor bochornoso cede el puesto á las frescas emanaciones de las húmedas plantas, vuelve la luz, brilla el arco iris, y el azul de la bóveda celeste aparece de nuevo en el seno de la naturaleza ya tranquilizada.

¿Qué fuerza es la que produce en las nubes esos trozos, á menudo enormes, de hielo, la que los sostiene en el espacio, y la que los despide luego sobre nuestros campos y nuestras viviendas? Al estudiar la formación de la lluvia, hemos visto que por lo común no tiene lugar sino cuando existen dos ó más capas de nubes superpuestas. Lo mismo sucede con respecto á la producción del granizo, sólo que hay una diferencia en las respectivas condiciones físicas de las nubes.

El granizo se forma durante las borrascas, cuando la temperatura es muy elevada en la superficie del suelo y decrece rápidamente con la altura. Este brusco descenso es la condición principal de la formación del granizo. Es debido principalmente á la evaporación. El frío causado por la evaporación del agua es bien conocido de todos los observadores. Las alcarrazas porosas expuestas en pleno Sol llegan á hacer descender la temperatura del agua de 20 grados. Un termómetro mojado puede descender, por medio de un viento que le evapore, á 10 grados más abajo que otro que esté seco. La Atmósfera tiene en las horas de tempestad capas muy heterogéneas. El agua ó la nieve que cae de las nubes ele-

vadas á 4 ó 5.000 metros atraviesa capas de aire secas y húmedas, calientes y heladas.

La gota de agua se hiela instantáneamente y la nube negra que vemos es como el receptáculo de los glóbulos helados que llegan allí arrastrados por el torbellino de la tempestad. Estas gotas heladas tienen tiempo de aumentar de espesor con una gran cantidad de agua que recogen á su paso, y á menudo de aglomerarse en crecido número.

La formación del granizo es siempre muy pronta. Volta opinaba que la nube superior estaba formada por la condensación del vapor procedente de la capa inferior, y que se cargaba de electricidad positiva, mientras esta última conservaba la negativa. El eminente físico pensaba que así como entre dos placas de cobre cargadas de electricidad contraria, dos trozos de corcho suben y bajan alternativamente por la influencia de la doble atracción, el granizo se formaba también por una danza análoga de corpúsculos de nieve ó de hielo, que se agregaban sucesivamente los vapores condensados. Hoy no es admisible semejante teoría, porque es más sencillo creer que el granizo se forma como la lluvia, aunque con un frío atmosférico tan considerable que hiela los glóbulos de agua en el mismo momento en que se forman.

Esta formación, ó el choque de los granizos transportados por el viento, produce á veces un ruido que puede oirse desde la superficie del suelo. Aristóteles y Lucrecio hacían ya mención del hecho, y los meteorologistas Kalm y Tissier aseguran haberlo oído, el primero en Francia el 13 de julio de 1788, y el segundo en Moscou el 30 de abril de 1744. Hace unos treinta años que, hallándose Peltier en Ham, fortaleza que ha adquirido cierta celebridad, percibió un ruido tan fuerte al sobrevenir una tormenta, que creyó que llegaba un escuadrón de caballería á galope á la plaza de la ciudad. Sin embargo, no era así; y 20 segundos después cayó una espantosa granizada. M. Pissot, corresponsal del Observatorio de Montsouris, refiere haber oído, durante la tormenta que estalló el 14 de agosto de 1871 en Doulevant-le-Chateau (Alto Marne), un redoble continuo seguido de una copiosa granizada que cayó á algunas leguas de allí. El 28 de julio de 1872, á las seis de la tarde, se advirtió en Semur (Costa de Oro) el mismo redoble precursor del granizo. Tal vez no sea más que un trueno análogo al de que hablaré en breve.

La superficie de las nubes de granizo presenta inmensas protuberancias irregulares. Vistas por debajo son ordinariamente muy obscuras á causa de su opacidad, que la luz solar atraviesa difícilmente. Arago había observado ya que parecen tener mucho espesor y se distinguen de las demás nubes tempestuosas por un tinte ceniciento muy marcado.

¿A qué altura se ciernen? ¿Desde qué elevación caen las granizadas? Saussure las recibió en la garganta del Gigante á 3.428 metros; Balmat en la misma cima del Monte Blanco, y Paccard encontró granizos debajo de la nieve que cubre dicha cima; en las elevadas praderas de los Alpes graniza también con fre-

cuencia; por consiguiente, este fenómeno tiene lugar en todas las alturas. Mas en el caso en que se verifique á tan grandes elevaciones, los granizos se derriten al atravesar los millares de metros de aire sobre cero que cubren la superficie del globo. Por el contrario, cuando descargan las granizadas en nuestras campiñas, las nubes que las despiden están menos elevadas y parecen situadas entre los 1.500 y 2.000 metros.

Admitiendo que sea de 4.000 metros la altura más frecuente de las nubes de granizo, M. Plumandon indica las duraciones de caída siguientes:

Diámetro del granizo	Duración máxima de su caída
1^{mm}	30′
2^{mm}	21′18″
3^{mm}	17′24″
4^{mm}	15′5″
5^{mm}	13′28″
6^{mm}	12′18″
7^{mm}	11′23″
8^{mm}	10′30″
9^{mm}	10′ 3″
10^{mm}	9′31″
20^{mm}	6′44″
30^{mm}	5′30″
40^{mm}	4′46″

El granizo se desarrolla al caer, y su peso varía como el cubo de su radio, mientras que la resistencia del aire es proporcional al cuadrado de este mismo radio. Resulta, pues, que *cada grano de granizo empleará, para llegar al suelo, mucho más tiempo de lo que indica la tabla precedente.* La caída de un grueso grano ordinario, que tiene cerca de 1 centímetro de diámetro, durará á lo menos un cuarto de hora. La de un grano de $^1/_2$ centímetro pasará de veinte minutos.

Ciertas circunstancias contribuyen, por otra parte, á favorecer el desarrollo de los granos de granizo: la poca densidad del núcleo nevoso ó de hielo esponjoso, prolongando el tiempo de caída; la condensación de los vapores ambientes y la congelación de las partículas líquidas, reprimiendo el movimiento del grano y retrasando de pronto su velocidad; la intensidad de los vientos superiores, obligando á los granos á caer oblicuamente y á recorrer una trayectoria que podrá ser doble, triple y más allá aún de la trayectoria vertical de 4.000 metros.

Notemos aún que el granizo no necesita considerables variaciones de temperatura para desarrollarse. El granizo, en efecto, no es un fenómeno tan extraordinario como parece. Es simplemente la consecuencia de la forma sólida que afecta el agua desde que su temperatura desciende bajo cero.

Las grandes variaciones de temperatura, si se operan sobre cero y bajo 100 grados, no cambian la apariencia del agua. Al contrario, una débil variación de 2 ó 3 grados y aún menos basta, cuando se operan alrededor del cero, para for-

mar ó fundir cantidades notables de hielo; con mayor razón son suficientes para transformar en granizo un pequeño copo de nieve ó una gota de lluvia durante su caída hacia el suelo.

Las nubes que despiden el granizo no ocupan jamás una gran extensión. Transportadas por el viento, lo descargan sobre una estrecha faja de tierra, cuya anchura no pasa con frecuencia de un kilómetro; rara vez se extiende más allá de 4 leguas, aunque su longitud ha llegado á veces á 200. Una de las granizadas más curiosas y notables que mencionan los anales de la meteorología es la del 13 de julio de 1788. Estaba dividida en dos fajas: la de la izquierda, ó del Oeste, empezó en Turena, cerca de Loches, á las seis y media de la mañana, y se disipó más allá de Flesinga á la una y media; en total, 175 leguas de largo por 4 de ancho. La faja de la derecha, ó del Este, empezó hacia Orleáns á las siete y media de la mañana, pasó por Arthenay y Andonville; llegó á París, por encima del arrabal de San Antonio, á las ocho y media, á Crespy en Valois á las nueve y media, á Chateau-Cambresis á las once, y á Utrecht á las dos y media, en total 200 leguas de largo por 2 tan sólo de ancho. El intervalo comprendido entre las dos fajas era de 5 leguas por término medio, habiendo llovido en él. En ambas líneas precedió una obscuridad profunda al paso del granizo. La velocidad de aquella tormenta era de 16 leguas y media por hora en ambas ramas; el granizo cayó en cada punto recorrido durante 7 ú 8 minutos tan sólo, pero con tanta fuerza que tronchó todas las mieses. Es sin duda alguna la granizada más notable que haya recorrido tan vasta extensión. Sus estragos alcanzaron en Francia á 1.039 distritos municipales, y las pérdidas se elevaron á 24.690.000 francos, según un informe oficial.

Los granizos no tenían siempre la misma forma: unos eran redondos; otros largos y llenos de puntas; habiéndose recogido algunos que pesaron 250 gramos.

Muy raras veces sucede que una misma granizada se extienda á tan considerable distancia y con tanta regularidad. Es muy probable que las nubes productoras del granizo se hallaran en aquella ocasión á una altura de más de un kilómetro. Por lo general, no se encuentran á tanta, y están sujetas á la influencia de las desigualdades del terreno. Ciertas granizadas, sin abarcar tan considerable extensión, son notables por su abundancia, como la que descargó en Francia el 9 de mayo de 1869. La masa de cristales caída del cielo en las praderas del Catelet formaba un manto de dos kilómetros de largo por 600 metros de ancho, calculado en su conjunto en 600.000 metros cúbicos. A los cuatro días aún no habían desaparecido los granizos.

A veces caen granizadas bastante violentas para destruir todas las cosechas, como por ejemplo la que asoló la campiña de Angulema el 3 de agosto de 1813. Estábase en vísperas de la recolección, y todo anunciaba al labrador que sería tan buena como abundante. Hizo un magnífico día; el viento sopló del Norte hasta las tres de la tarde; pero en un momento saltó al lado opuesto; cubrióse el cielo de nubes, las cuales no tardaron en amontonarse de un modo que infun-

día serios temores. El viento, que había sido asaz impetuoso desde las 12 hasta las 5 de la tarde, cesó de repente. A lo lejos se oía el fragor del trueno, cuyos estampidos se fueron aproximando, siendo cada vez más fuertes y frecuentes; el cielo se cubrió del todo, y á la claridad del día sucedieron espesas tinieblas. A las seis de la tarde empezó á descargar sobre la tierra una estrepitosa granizada; los granizos tenían el tamaño de huevos; causaron heridas á muchas personas y mataron á un niño en el distrito de Barbczieux. Al día siguiente, 4 de agosto, la tierra presentaba el triste aspecto del más riguroso invierno; los granizos se habían acumulado en los valles y en los caminos hasta una altura de 8 á 10 decímetros; los árboles se quedaron sin hojas enteramente; veíanse las vides como si estuvieran holladas; las mieses aplastadas, y los ganados, especialmente los carneros y los cerdos, que no habían podido recogerse á tiempo, padecieron mucho. Desapareció la caza del país, y hasta se encontraron lobeznos muertos por el granizo. Cinco años después, en 1818, todavía se sentían las consecuencias de aquel desastre; pues las viñas, especialmente, no habían recobrado su fuerza reproductiva, y hubo necesidad de arrancar una gran parte de ellas.

La tempestad que tuvo lugar el 17 de julio de 1852, hacia las seis de la tarda, en el territorio de Chaumont, en el Alto Marne, recorrió 24 leguas de longitud por 2 de amplitud; los trigos, los viñedos y casi todos los árboles fueron destruídos por el granizo. La misma tempestad cayó con impetuosidad sobre el departamento del Aisne, arrancó los árboles, derribó las chimeneas, mató á muchas personas; en algunos segundos, los campos, revueltos por la violencia del viento y del granizo, no presentaban la más pequeña señal de las cosechas.

El 17 de julio de 1868, hacia las ocho de la noche, un fuerte granizo devastó muchas municipalidades de los alrededores de Reims: los granos tenían el volumen de una pequeña nuez, y la tempestad duró cerca de cuarenta y cinco minutos. Después se notó en las partes arenosas que formaban pendiente impresiones comparables á las que produciría un tiro al blanco. Estas cavidades, en las cuales los granos de granizo estaban hundidos, formaban verdaderas impresiones de granizo, que se parecían mucho á las impresiones del mismo género observadas por los geólogos (1).

Las granizadas desastrosas no son muy frecuentes en nuestros climas; sin embargo, de vez en cuando hay algunas que causan grandes desastres.

El 18 de junio de 1839 una tempestad empezó en Bruselas hacia las siete de la noche; los espesos nubarrones marchaban del Sudsudoeste al Norte, mientras que la veleta indicaba una corriente inferior que venía del Nordeste. Hasta las siete y media no se percibió más que un rumor continuo durante el cual los relámpagos se sucedían con maravillosa rapidez. Poco después, un grueso nubarrón, notable por su matiz ceniciento y cuya dirección era del Oestenoroeste al Sudeste, sumergió á Bruselas en una obscuridad casi completa y se rompió con

(1) Véase nuestra obra: *El mundo antes de la creación del hombre*, pág. 80.

una espantosa caída de granizo que causó los más grandes estragos. La mayor parte de los granos tenían un grosor que variaba de 12 á 20 milímetros; se encontraron algunos que tenían hasta 30 milímetros. Algunos eran casi esféricos; pero la mayor parte presentaban un aplastamiento más ó menos grande. La altura del agua caída durante la tempestad fué de $37^{mm},4$. El termómetro centígrado subió hasta $33^{0},4$, que es el máximum por Bruselas.

La caída del granizo tiende en cierto modo á seguir el curso de los ríos y de los valles cuando las nubes no están muy altas; porque, según se ve en los casos precedentes, las borrascas son entonces corrientes generales que proceden del Atlántico, y conforme á la progresión ordinaria de las corrientes que llegan de dicho mar, prosiguen su marcha desde las regiones del Sudoeste hacia las del Nordeste. Pero en todas las borrascas secundarias parciales, que son las más numerosas y se limitan á algunas provincias, se advierte una desviación evidente á lo largo de los valles. Parece asimismo que esquivan los bosques. Desde que las escuelas normales de Francia se dedican á consignar los hechos meteorológicos, abundan los testimonios de la influencia del terreno en la distribución de las tormentas y del granizo. Hay países en que todos los años graniza, al paso que hay otros en que sólo sucede esto cada diez años. Se han podido también formar cartas estadísticas de los destrozos ocasionados por el granizo en cada departamento, teniendo á la vista los documentos de las compañías de seguros; pero estas cartas son poco exactas desde el punto de vista meteorológico, por cuanto están basadas en las pérdidas de los objetos vendibles; una misma cantidad de granizo causará una pérdida diez veces mayor si cae en una plantación de tabaco, como en el Bajo Rhin, que cayendo en terrenos incultos ó aun en bosques. Sin embargo, es cierto también que la cantidad intrínseca de granizo difiere en dos países inmediatos, según su situación geológica, orográfica y climatológica.

En las tormentas de granizo es en las que el desarrollo de la electricidad adquiere mayores proporciones. Las espesas nubes donde se elabora el meteoro están cargadas de una fuerte dosis del misterioso fluido, una parte del cual se pierde en su propio seno ó en las descargas recíprocas con sus congéneres. El trueno no es entonces un ruido que sucede al relámpago, sino un redoble continuo, durante el cual no se suelen percibir aquéllos, ya porque sólo tengan reducidas dimensiones, ó ya porque se desarrollen exclusivamente en el interior del seno de las nubes. Por esta causa observé el 4 de septiembre, siguiendo la tempestad de granizo que estalló en París á las 3 y 36 minutos, y cuando ya la granizada había pasado por el barrio del Observatorio y descargaba sobre Menilmontant, un redoble de *truenos sin relámpagos* que duró 6 minutos y se repitió muchas veces.

El 7 de mayo de 1865 estalló una violenta tempestad en el departamento del Aisne y causó pérdidas por valor de muchos millones. Sobre las capas de nubes veíase un espeso cúmulus, de un blanco lívido, en el cual se producía un chisporroteo continuo de relámpagos; el fragor del trueno se prolongaba sin in-

tensidad ni estrépito; un hormigueo no interrumpido de relámpagos engendraba una especie de crepitación sin intermitencia, y las explosiones parecían concentrarse en el interior de la nube más compacta. Cuando ésta hubo transpuesto lentamente las alturas de Rousoy, por encima de las cuencas del Somma y del Escalda, se desató con espantosa rapidez en el valle de este último río, y llenó á Vend'huile, Catelet y Beaurevoir de tan considerable número de granizos que formaron en el suelo una capa de 5 metros de espesor: á los seis días todavía estaban intactos, y presentaban en ciertos sitios bancos tan compactos que cuando se quiso despejar el terreno, se deslizaban como peñascos de nieve.

El 18 de junio de 1839, en Bruselas, durante la tempestad de granizo descrita más arriba, Quételet notó, á las siete y media de la tarde, un continuo rumor de truenos, durante el cual los relámpagos se sucedían con espantosa rapidez. Poco después, un grueso nubarrón ceniciento sumergió la villa en una profunda obscuridad y rompió en una horrible caída de granizo.

Ahora será interesante conocer las dimensiones á que pueden llegar los granizos, á cual fin entresacaremos de diferentes documentos auténticos comparaciones bastante curiosas.

Después de la terrible granizada del 15 de julio de 1788, que hemos mencionado hace poco, el geólogo Tessier moldeó trozos de hielo que en su concepto tenían la consistencia del granizo, dándoles el tamaño de un huevo de paloma, de gallina ó de pava, para facilitar á los meteorologistas los medios de calcular aproximadamente el peso de los granizos, partiendo de la manera habitual de designar su volumen. El primero pesaba 11 gramos, el segundo 23, y el tercero 69.

El tamaño más ordinario del granizo viene á ser el de una avellana, y á veces sólo el de un guisante. En los chubascos ordinarios, los granizos pesan de 3 á 8 gramos.

Las tres dimensiones que acabamos de citar se presentan con bastante frecuencia en los anales de la meteorología; no siendo, por lo demás, extraordinario recoger granizos de 10 á 70 gramos.

Se comprende que semejantes proyectiles puedan lapidar y matar en algunos instantes á las personas que están expuestas á ellos. Así, por ejemplo, el 13 de octubre de 1886 un hombre y una mujer fueron muertos por un granizo cuyos granos parecían huevos, en el territorio de Oubed-Iddir, cerca de Kairouán (Tunisia). El 4 de mayo de 1887, una niña, sorprendida por el granizo en el campo, cerca de una estación del camino de hierro de Varsovia-Tarnspol, fué literalmente lapidada y muerta. El 26 de julio de 1887, una tempestad de una violencia inaudita echó sobre la villa de Saint-Anthéme (Puy-de-Dôme) un granizo muchos de cuyos granos eran del grosor de huevos de gallina.

En una granizada que causó grandes desastres en las orillas del Rhin, el 13 de abril de 1832, el granizo más pesado, recogido por Voget, en Heinsberg, pesaba 90 gramos.

En otra que asoló por espacio de 45 minutos, el 21 de junio de 1846, una

parte del Morbihán, los granizos presentaron todas las dimensiones comprendidas entre nueces y huevos de pava. Midióse uno de 22 centímetros de circunferencia.

En el mes de agosto de 1879 los granos del granizo que devastó la villa de Queenstown (Cabo de Buena Esperanza), horadando los techos de palastro y matando las ovejas, tenían el grosor de mandarinas.

Muncke pesó algunos en el Hainaut cuyo peso era de 120 gramos.

El 29 de abril de 1697 se recogieron en Flintshire, según Halley, granos que pesaban 130 gramos, y el 4 de mayo del mismo año, Taylor midió en Staffordshire granos que tenían 30 centímetros de circunferencia. Montignot y Tressan recogieron algunos en Toul, el 11 de julio de 1753, que tenían la forma de poliedros irregulares y un diámetro de 8 centímetros.

Volney cuenta que, durante la tormenta del 13 de julio de 1788, se encontraba en el castillo de Pontchartrain, á cuatro leguas de Versalles: los rayos del Sol comunicaban un calor insoportable: el aire estaba tranquilo y sofocante, es decir, muy enrarecido; *en el cielo no había nubes*, y sin embargo, se oían truenos. A eso de las siete y cuarto apareció una nube al Sudoeste, seguida de un viento muy fuerte. En algunos minutos, dice, la nube cubrió el horizonte y se corrió hacia nuestro cenit aumentando la violencia del viento, que entonces era frescachón; de repente empezó á caer una granizada, no vertical, sino formando un ángulo de 45°, siendo los granizos de tal tamaño que se les hubiera tomado por pellas de yeso lanzadas desde el tejado de una casa en demolición. No podía dar crédito á mis ojos; muchos de aquellos granizos eran más gruesos que el puño de un hombre, y eso que la mayor parte de éstos estaban formados de fragmentos de otros más grandes aún. Cuando pude sacar la mano fuera de la puerta de la casa donde me había refugiado muy á tiempo, cogí uno, y las balanzas que servían para pesar los comestibles me indicaron que pesaba más de 6 onzas (153 gramos); su forma era muy irregular; tres cuernos principales, tan largos y gruesos como el pulgar, sobresalían del núcleo que los reunía.

Volta asegura que entre los enormes granizos que cayeron en la ciudad de Como y sus cercanías en la noche del 19 al 20 de abril de 1787, había algunos de 9 onzas (280 gramos).

Parent, de la Academia de Ciencias, cuenta que el 15 de mayo de 1703 cayó en la Perche granizo del tamaño del puño. Pesaban de 300 á 400 gramos.

El 28 de julio de 1872 cayó en Semur (Côte-d'Or) un granizo cuyos granos pesaban de 300 á 400 gramos. El 5 de octubre de 1831 cayeron en Constantinopla masas más grandes que el puño que pesaban 500 gramos. Se citan granizos análogos caídos en mayo de 1821 en Palestina.

En el mes de junio de 1874, la tempestad de granizo que descargó sobre Lyón lanzó granos que pesaban 500, 600 y aun 700 gramos. Durante los primeros segundos, su congelación no era completa, pues se aplastaban como las bolas de nieve; pero pronto se volvieron duros y aquello fué un verdadero bombar-

deo: tejas destrozadas, techos demolidos y árboles rotos por la violencia del viento.

Mas he aquí otros hechos más extraordinarios aún:

El 15 de junio de 1829 hubo una granizada tan terrible en Cazorla (España) que hundió los tejados de varias casas, recogiéndose trozos de hielo que pesaban hasta 2 kilogramos.

Solamente pueden adquirir tales proporciones los granizos aglomerados, soldados, digámoslo así, unos á otros, ya sea donde caen, ó ya durante su caída; así lo ha demostrado la observación, explicándonos de este modo la causa del hecho siguiente, suponiendo que sea positivo:

A fines de octubre de 1844, en medio de un espantoso huracán que devastó

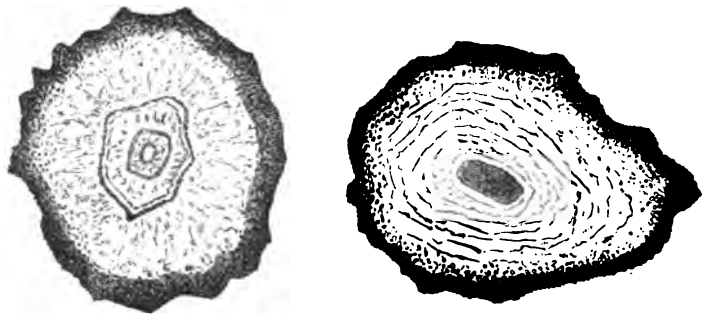


Fig. 83. - Corte de los granizos, presentando su estructura interior ordinaria

el Mediodía de Francia, se vieron granizos de 5 kilogramos; la ciudad de Cette en particular, sufrió los mayores desastres, habiendo muerto algunas personas apedreadas por el granizo, derrumbándose muchos tabiques y yéndose á pique varias embarcaciones.

Parece que en un fantástico granizo caído el 8 de mayo de 1802 se recogió una masa de hielo que medía 1 metro de largo y de ancho y 7 decímetros de espesor.

El doctor Foissac, que cita este hecho, no lo tiene por exagerado y añade lo siguiente: «M. Huc, de la Congregación de San Lázaro, misionero apostólico en la Tartaria, el Thibet y la China, cuenta que el granizo cae con frecuencia en la Mongolia, y muchas veces, dice este venerable eclesiástico, es de un grosor sorprendente: hemos visto granos de doce libras de peso; á veces basta un instante para exterminar rebaños enteros.

»En 1843, durante una grande tempestad, se percibió en los aires como el ruido de un viento terrible, y poco después cayó en un campo, no lejos de nuestra casa, *un pedazo de hielo más grueso que una piedra de molino*. Se la rompió á golpes de hacha, y aunque era el tiempo de los más fuertes calores, tardó tres días en fundirse enteramente.»

Si el hecho es real, nada impide admitir la crónica del tiempo de Carlo-

magno, que habla de granizo de 15 pies de largo por 6 de ancho y 11 de espesor, y la de Tippo-Saïb, que pone en escena un grano de granizo del tamaño de un elefante!... Pero bueno es recordar algunas veces que la exageración no es rara en las relaciones de los cronistas.

En cuanto á la cantidad de granizo que puede caer durante ciertas tempestades, mi sabio amigo el profesor C. Dufour, de Morges, ha calculado que el granizo tan desastroso que cayó sobre el cantón de Vaud el día 21 de agosto de 1881, y depositó en algunos minutos una capa de más de un centímetro de espesor, representa un volumen de más de un millón de metros cúbicos de hielo formados súbitamente en el aire. Y añade que el granizo del 13 de julio de 1788 debió representar más de 40 millones de metros cúbicos. ¡Es una pequeña montaña!

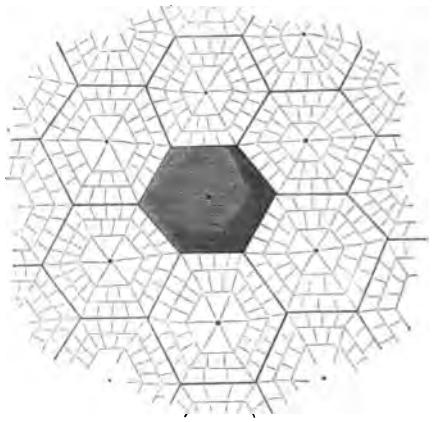


Fig. 84. – Corte de un granizo aumentado

Las formas de los granizos son muy variadas. Ordinariamente son redondos, esféricos, más ó menos regulares, como guisantes, uvas ó avellanas. Los hay también prolongados, como granos de trigo, cornizolas ó aceitunas. Cuando son muy gruesos, están formados por la superposición de partículas cristalizadas. El 4 de julio de 1819, durante una tempestad nocturna que asoló una gran parte del Oeste de la Francia, Delcrós recogió muchos granizos esféricos enteros, en los cuales se advertía un primer núcleo esférico de un blanco bastante opaco, que ofrecía vestigios de capas concéntricas; en torno de ese núcleo había una cubierta de hielo compacto, radiada desde el centro á la circunferencia, y terminada exteriormente por doce grandes pirámides entre las cuales había otras menores interpuestas. Formaba el todo una masa esférica de unos 9 centímetros de diámetro.

El 12 de septiembre de 1863 algunos granizos recogidos en un camino situado al Sudoeste de Tiflis, y dibujados en el *Boletín de la Academia de Ciencias de San Petersburgo,* eran de forma elipsoidal y tenían la superficie cubierta de pequeñas protuberancias. El tejido poliédrico, examinado con la lente, presentaba el aspecto de una serie de pirámides de seis caras, y una sección hecha en el interior evidenciaba la existencia de una red de mallas hexagonales, semejantes á las de la figura 84.

El 29 de julio de 1871, á las seis de la tarde, cuando lucía un hermoso Sol y sólo se veían en el cielo algunas nubes de apariencia muy inocente, oyóse en Auxerre un ruido característico, comparable al de la marcha de un tren muy

cargado. Algunos relámpagos precedieron á la granizada, la cual no tardó en caer sin tempestad, sin el menor trastorno, reflejando los rayos solares en su tranquila caída. Los granizos conservaron su forma al llegar al suelo. M. Daudín ha dibujado algunas de sus formas más características, y son los que presentamos en la figura 85, ocupando los cuatro ángulos de la misma. Los dos granizos tallados del centro son los que hemos citado más arriba y de los que se sacó copia para la Academia de San Petersburgo. Los demás representan el aspecto de los más comunes.

En esta misma tempestad, en Montargis, M. Parant notó que á las seis y cuarenta y cinco minutos de la tarde cayeron durante un abundante granizo pedazos de hielo de 3 á 5 centímetros de largo, de forma ovoide y tan transparentes como el cristal.

Durante la tempestad que estalló en París el 22 de mayo de 1870, M. Trécul, del Instituto, advirtió que muchos granizos eran cónicos ó más bien periformes, es decir, más anchos en su parte inferior que en la superior; había algunos que medían cerca de dos centímetros de largo por uno y medio de ancho. Uno de ellos, examinado detenidamente, presentaba caracteres dignos de atención. El tercio superior, ó sea la parte más estrecha, era opaco y blanco, al paso que el inferior, ó la parte más ancha, era de una perfecta diafanidad, como el hielo más puro. Además, visto aquel granizo por el extremo más grueso, ofrecía manifiestamente la figura de un rombo de ángulos obtusos, partiendo de los lados facetas oblicuas que convergían y se borraban hacia el extremo obtuso del granizo.

El 21 de agosto de 1877, el granizo caído cerca del Mont Doré tenía el grosor de huevos de paloma y se componía de un núcleo central blanco rodeado de una capa de hielo transparente.

El 27 de septiembre de 1876, el P. Secchi recogió en Grotta Ferrata, cerca de Roma, un granizo formado de cristalizaciones romboédricas perfectas, soldadas entre sí: pesaba 60 gramos.

El granizo caído el 4 de abril de 1877 en la Chapelle-Saint-Mesmin (Loiret) tenía la forma piramidal redondeada.

En cuanto á las épocas de las granizadas, todo el mundo ha podido observar que caen principalmente en verano y por la tarde, esto es, en las circunstancias en que se hallan reunidas las condiciones meteorológicas que hemos mencionado: gran calor en la superficie del suelo, diminución rápida con la altura, y fuerte evaporación de las nubes por la acción del Sol. Como, á pesar de esto, suele bastar el choque de un viento superior muy frío con otro muy caliente á la misma altitud para que se forme el granizo, cae éste á veces en invierno, y en algunas ocasiones, de noche; pero esto no pasa de ser una excepción.

Los tratados de meteorología amalgaman ordinariamente el granizo y la escarcha, enseñando que estos meteoros acuosos caen más á menudo en el invierno y en la primavera que en verano y en otoño; pero esto no es más que una

apariencia; la escarcha difiere del granizo, no tan sólo por su estado de división extraordinaria, sino también por su modo de formarse, pues jamás tiene origen en el seno de las tempestades ni necesita los grandes movimientos atmosféricos

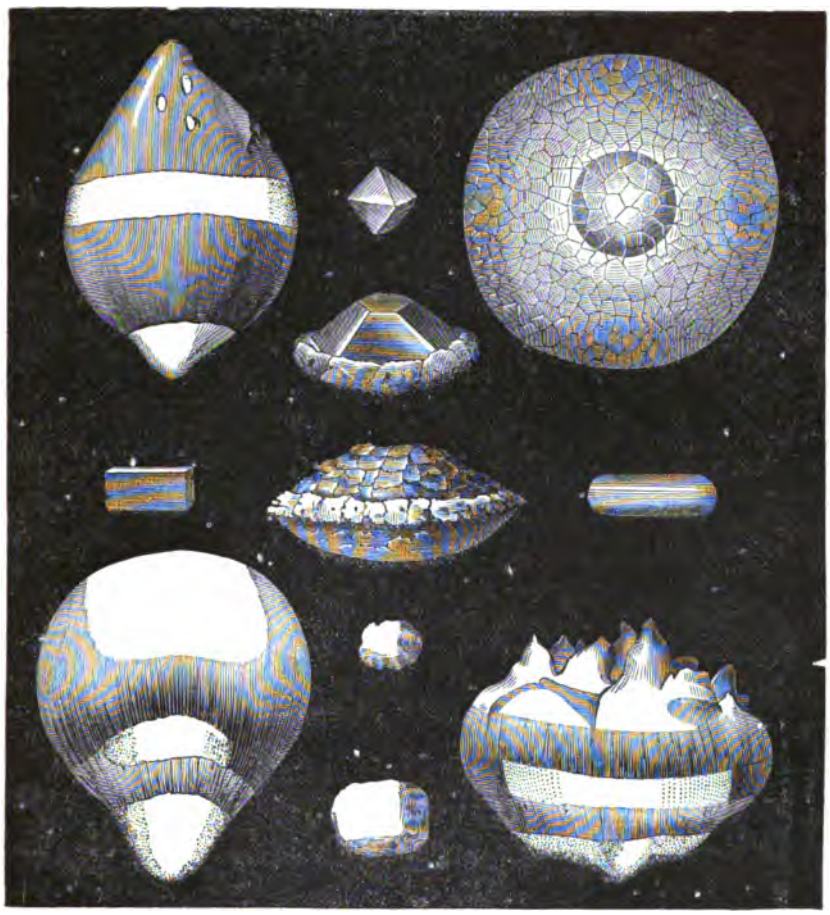


Fig. 85. – Diferentes formas de granizo

que hemos resumido. Es tan sólo una lluvia helada, ó más bien una nieve granulosa y densa.

En los chaparrones de primavera se observa generalmente un menudo granizo. Es siempre muy pequeño y no va acompañado de tempestades, ni de calor, sino mejor de torbellinos de lluvia ó de nieve. Algunas veces la electricidad no es extraña á su formación. M. Colladon ha observado unos movimientos muy singulares en los granos de este granizo, que, quedando inmóviles uno ó dos se-

gundos después de su caída, eran en seguida proyectados á una altura que alcanzaba á 25 ó 30 centímetros, como si fuera por una impulsión del suelo. Este curioso fenómeno se presentó en dos granizos caídos en Génova, el uno el 19 de enero de 1881, y el otro en marzo de 1883, y por tercera vez en un granizo caído en Hauts-Crêts, en la cima de Cologny. M. Melsens ha hecho dos observaciones semejantes.

La electricidad entra ciertamente en juego en la formación de estos meteoros del granizo.

CAPITULO VI

LOS PRODIGIOS

LLUVIAS DE SANGRE,—DE TIERRA,—DE AZUFRE,—DE PLANTAS,—DE RANAS,—DE PECES,—DE DIFERENTES ANIMALES

Aparte de las lluvias ordinarias de agua, nieve ó granizo, más ó menos intensas, que hemos estudiado hasta aquí, la historia de los meteoros nos ofrece á veces otras extraordinarias que han aterrorizado con frecuencia á las personas pusilánimes é ignorantes, que creían ver en ellas señales directas de la cólera celeste.

Prescindiremos ahora de las piedras caídas del cielo, de los aerolitos, en los cuales veían los filósofos griegos fragmentos desprendidos de la bóveda celeste, y que no son otra cosa, según hemos visto, sino corpúsculos cósmicos que circulan por el espacio. Prescindiremos también de las lluvias de piedras, ladrillos, tablas y pedazos de cacharros, que se deben á las trombas. Pero echaremos una ojeada crítica sobre ciertos fenómenos acerca de los cuales hemos guardado silencio, y empezaremos desde luego por las lluvias de sangre.

Homero hace caer una lluvia de sangre sobre los héroes griegos, presagio de muerte para muchos y valientes guerreros, que Zeos ó el dios de los griegos debe precipitar en los dominios de Hades. El escritor latino Obsequens cita las siguientes: Después de la toma de Fidenas, en el año 14 de Roma, cayeron del cielo gotas de sangre, excitando el asombro general. En 538 cayó otra lluvia de sangre en el monte Aventino y en Aricia. En 570 y 572 llovió sangre por espacio de dos días en la plaza de Vulcano y en la de la Concordia; en 585 llovió también durante un día. En 587 se repitió este prodigio en muchos puntos de la Campania, en el territorio de Preneste; en 626, en Cerés; en 648, en Roma; en 650, en Duna; en 652, en las inmediaciones del Anio. También llovió sangre cuando el asesinato de Tacio.....

Plutarco habla de lluvias de sangre después de grandes combates, como por ejemplo en la guerra címbrica, después de la matanza de tantos millares de cimbros en los llanos de Marsella. Dicho historiador cree que los vapores sanguíneos emanados de los cuerpos y diluídos en el humor de las nubes comunicaban á éstas su color rojo.

He aquí algunas de las lluvias de sangre que he podido recopilar desde el

principio de nuestra era hasta el fin del siglo antepasado, aprovechando las investigaciones de M. Grellois sobre tan curioso asunto:

Empiezo por leer en San Gregorio de Tours que en el año 582 de J. C. «cayó una lluvia de sangre en el territorio de París. Muchas personas la recibieron en sus vestidos, y se los manchó de tal suerte, que se los quitaron con horror.»

La historia de Constantinopla cita una lluvia análoga en esta villa el año 652.

En 754, el cielo de las Galias parecía encendido y se escapó sangre abundante de las nubes.

En 787, Fritsch señala en Hungría una lluvia de sangre, seguida de una peste. Se vieron otras en 869 en Brixen, y en 929 en Bagdad.

En 1117 ocurrieron fenómenos extraordinarios, lluvias de sangre, ruidos subterráneos que infundieron el mayor terror en Lombardía durante la lucha de la emancipación de las municipalidades, celebrándose con este motivo una reunión de obispos en Milán. En Brescia se observó el mismo fenómeno por espacio de tres días y tres noches, poco antes de la muerte del papa Adriano II.

En 1144 llovió sangre sobre muchos puntos de Alemania; en 1163 en la Rochela.

En el mes de marzo de 1181 llovió sangre sin cesar por espacio de tres días en Francia y en Alemania, habiendo aparecido en el cielo una cruz luminosa.

A fines de 1543 cayó sangre en el castillo de Sassemburgo, cerca de Barendorf en Westfalia, y en 1560 en Lovaina. En 1571 cayó una cantidad tan considerable de sangre en las cercanías de Einden (Frisia oriental), que en un espacio de 5 á 6 millas la hierba y las ropas expuestas al aire adquirieron un color purpúreo. Muchas personas la conservaron en vasijas. Procuróse, aunque en vano, explicar la causa de este prodigio, suponiendo que el vapor de la sangre de los numerosos bueyes muertos se había remontado á las nubes.

También notamos otras en 1623 en Estrasburgo, en 1638 en Tournai y en 1640 en Bruselas.

En la Historia de la Academia de Ciencias se lee que el 17 de marzo de 1669, á las cuatro de la mañana, cayó en muchos sitios de la ciudad de Chatillón-sur-Seine una especie de lluvia ó de líquido rojizo, espeso, viscoso y hediondo, que parecía una lluvia de sangre. Veíanse impresas en las paredes las señales de gruesas gotas, y hubo una que las tenía á uno y otro lado: «lo que induce á creer que esta lluvia estaba formada de las aguas estancadas y fangosas que algún remolino de viento había arrebatado en los pantanos inmediatos.»

Venecia recibió una en 1689.

En 1744 cayó una lluvia roja en el arrabal de San Pier d'Arena de Génova, y como entonces la guerra afligía con sus horrores á aquella república, el pueblo se atemorizó mucho al verla; luego se averiguó que aquel color procedía de una tierra roja que un viento impetuoso había arrastrado de una montaña vecina.

En nuestra época se han observado las lluvias de color rojo lo bastante á

menudo para que no quede la menor duda con respecto á la realidad de este fenómeno; el único error de los antiguos consistía en la naturaleza de esta coloración, que le daba cierta apariencia de prodigio. Beda opinaba que una lluvia más espesa y cálida que de ordinario podía adquirir un tinte encarnado como el de la sangre, y pasar por tal á los ojos del vulgo. Kaswini, El-Hazen y otros sabios de la Edad media refieren que, á mediados del siglo nono, cayó un polvillo rojo y una materia semejante á la sangre coagulada. Así, pues, estos filósofos habían penetrado en la vía de una sensata explicación; en aquel fenómeno tan sólo veían una semejanza, lo cual puede ser cierto, y no una realidad, lo que repugna á la lógica más rudimentaria. «Eso que el vulgo llama lluvia de sangre, dice G. Schott, no es por lo común más que la caída de vapores teñidos de bermellón ó de creta roja. Pero cuando cae verdadera sangre, lo cual no es muy fácil negar, es un milagro debido á la voluntad de Dios.» ¡Fulgor de verdad, en breve disipado! Léese en Eustatho, comentador de Homero, que en Armenia las nubes derraman lluvias de sangre, porque en aquella comarca hay minas de cinabrio, cuyo polvo, cuando se mezcla con el agua, colora las gotas de lluvia.

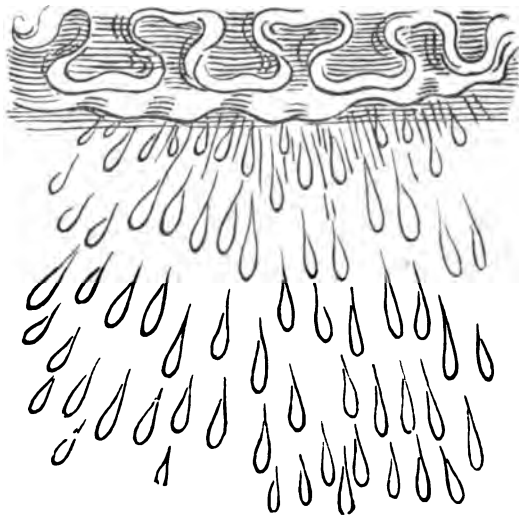


Fig. 86. – Lluvia de sangre, copia de un dibujo de la Edad media

Conrado Lycosthenes, en su *Libro de los prodigios*, del que hemos dado un facsímile en la página 227 del tomo primero, representa las *lluvias de sangre* y las *de cruces* en dibujos pueriles que nos ofrecen una idea de la candidez de otros tiempos (figs. 86 y 87).

A principios de julio de 1608 cayó una de esas pretendidas *lluvias de sangre* en los arrabales de Aix, en Provenza, extendiéndose hasta media legua de distancia de la ciudad. Algunos clérigos de la población, engañados, ó tal vez deseosos de explotar la credulidad del pueblo, no vacilaron en ver en este acontecimiento influencias diabólicas (fig. 88). Afortunadamente, un hombre instruído, Peiresc, se dedicó á estudiar con asiduidad aquel supuesto prodigio, y conoció que aquellas gotas no eran otra cosa sino los excrementos de mariposas que se habían observado con abundancia á principios del citado mes. En el centro de la ciudad, donde las mariposas no se habían presentado, no apareció ninguna mancha de esta especie, así como tampoco se observaban sobre la parte media

de las casas, á cuya altura se detenía el vuelo de dichos insectos. Por lo demás, la presencia de aquellas gotas en sitios cubiertos no permitía suponer que tuviesen un origen atmosférico.

Apresuróse á demostrar el hecho á los aficionados á milagros: comprobó é hizo comprobar que las pretendidas gotas de sangre sólo se veían en las cavidades, en los intersticios, debajo de los aleros de las paredes, y nunca en la superficie de las piedras que miraban al cielo; y por último probó por medio de estas diferentes observaciones que las supuestas gotas de sangre eran gotas de un líquido rojo depositado por las mariposas.

Fig. 87. – Lluvia de cruces, copia de un dibujo de la Edad media

Sin embargo, á pesar de las observaciones tranquilizadoras de Peiresc, el pueblo de los arrabales de Aix continuó dominado por un vivo terror á la vista de las sangrientas lágrimas que manchaban el suelo de la campiña.

Reaumur indica la mariposa conocida con el nombre de Gran tortuga como la más capaz de causar esta clase de alarmas. «Las hay á millares, dice, que se transforman en crisálidas á fines de mayo; dejan los árboles, van á menudo á posarse en las paredes, penetran en las casas de campo, y se suspenden de los arcos de las puertas y de los techos. Si las que salen á fines de junio vuelan reunidas, basta su número para formar nubecillas, y por consiguiente, para llenar las piedras de ciertos cantones de manchas de un color de sangre, y para hacer creer á los que tienen un placer especial en asustarse y en ver milagros, que durante la noche ha llovido sangre.»

A pesar de esto, las lluvias de sangre no consisten únicamente en manchas encarnadas producidas por ciertos insectos, sino que son *verdaderas lluvias*, á las que presta su color el polvo arrebatado por el viento. Este origen general no se ha reconocido hasta el siglo último.

El 14 de marzo de 1813 cayó una de estas extrañas lluvias rojas en el reino de Nápoles y en las dos Calabrias. El sabio Sementini la examinó, la analizó y dió cuenta de ella á la Academia de Ciencias en los términos siguientes:

«Dos días hacía que soplaba un viento Este, cuando los habitantes de Gieraco (la antigua Locres) vieron una densa nube que venía del lado del mar. A

las dos de la tarde calmó el viento; pero la nube cubría ya las montañas vecinas y empezaba á interceptar la luz del Sol; su color, que era encarnado claro en un principio, se convirtió en seguida en un rojo de fuego. La población quedó entonces sumida en tan espesas tinieblas, que á eso de las cuatro hubo necesidad de

Fig. 88. – Lluvia de sangre en Provenza, julio de 1608

encender luces en el interior de las casas. Asustado el pueblo, tanto por la obscuridad como por el color de la nube, acudió en tropel á la catedral para hacer rogativas. La obscuridad fué en aumento, y *todo el cielo se puso de color de fuego;* empezó á retumbar el trueno, y el mar, aunque distante 6 millas de la ciudad, aumentaba el espanto con sus mugidos; entonces empezaron á caer gruesas gotas de lluvia rojizas, que unos tuvieron por gotas de sangre, y otros por gotas de fuego. Por último, al caer la tarde, principió á despejarse la Atmósfera, cesaron el trueno y el rayo, y el pueblo recobró su tranquilidad ordinaria.»

Dicho polvo tenía un color amarillento de canela y un sabor terroso poco marcado; era untuoso al tacto, y se descubrían con el auxilio de la lente pequeños cuerpos duros parecidos al piróxeno. El calor le obscurecía, luego le ponía enteramente negro, y por último lo enrojecía cuando era más intenso. Después de la acción del calor, dejó ver, aun á la simple vista, una multitud de laminillas brillantes, que eran de mica amarilla. Estaba compuesto de sílice, alúmina, cal, cromo, hierro.

¿De dónde procedía aquel polvo? No ha sido posible averiguarlo.

Es preciso llegar al año 1846 para tener un examen general de tales lluvias, examen que las seguirá por el espacio hasta su origen.

El 16 de mayo de dicho año, una lluvia de tierra enturbió todas las aguas de Syam (Jura).

En el otoño del mismo año hubo otra lluvia de tierra, acompañada de un séquito de rayos, de lluvias torrenciales, de huracanes extraordinariamente desastrosos, que se desencadenaron sucesivamente y casi sobre una ancha zona del esferoide terrestre, de suerte que este fenómeno no podría explicarse sino admitiendo una gran perturbación en el sistema de los vientos alisios.

En aquella ocasión, los ciclones trastornaron el Atlántico; hubo muchos buques que perdieron completamente su arboladura, quedándose tan rasos como pontones, á impulsos de violentas rachas, de tormentas y de granizadas, y otros navegaron entre aquellos restos flotantes. En seguida estallaron varias tempestades en Francia, en Italia, en Constantinopla, y en los remotos climas orientales, los tifones dieron suelta á su furor en los mares de la China.

Los vientos fueron lo bastante impetuosos para desprender una capa de tierra en las regiones en donde la superficie del suelo presentaba arenales ó tierras friables, fáciles de remover. Esta tierra, transportada á lo lejos, debía ir á parar necesariamente á alguna parte. Prodújose este efecto en el Mediodía de Francia, entre el Puy y el Monte Cenis, en el sentido del viento dominante, y transversalmente desde Bourg al Drôme. Sin embargo, la abundancia del precipitado variaba según las localidades; en Lyón fué poco aparente, por más que se mostrara bajo la forma de un limo rojizo, que la credulidad del vulgo calificó de *lluvia de sangre*. Pero en Meximieux los soldados de un batallón que iba á la frontera suiza se vieron cubiertos de fango, y de tal modo que tuvieron que lavar sus fornituras con mucho cuidado á causa de lo muy impregnadas que de él estaban. El castillo de Chamagnieu recibió un baño que lo dejó desconocido, y en Valence fué tan espesa la capa de lodo que cayó, que los vecinos se vieron en la precisión de limpiar los canalones de los tejados y las cañerías. Fournet calculó que, por lo que respecta al departamento del Drôme, las nubes debieron acarrear y diseminar por la comarca el enorme peso de 7.200 quintales métricos, que representan la carga de 180 carros tirados por cuatro caballos vigorosos, á razón de 40 quintales métricos de dicha tierra por cada carro.

Ehrenberg, á quien enviaron muestras de aquella substancia, encontró en

ellas 73 formas orgánicas, algunas de las cuales eran propias de la América meridional. ¡Aquella tierra venía del Nuevo Mundo!

El espacio de tiempo transcurrido entre la salida de América, 13 de octubre, y la llegada á Francia, 17 del mismo mes, fué de unos cuatro días, lo que representa una velocidad de $17^m,15$ por segundo.

Otra lluvia colorada muy notable fué observada el 31 de marzo de 1847 en los alrededores de Chambéry. Estaba enturbiada por una materia lechosa que tenía la apariencia de una arcilla tenue en suspensión. Los vestidos de los transeuntes que recibieron algunas gotas de esta lluvia quedaron salpicados de manchas blanquecinas bastante visibles. Mas bien pronto, después de las noticias venidas de la Saboya y especialmente las del Gran San Bernardo, se dijo que cayó una *nieve roja terrosa,* empujada por el Sudoeste, y que recubría el suelo en un espesor de muchos centímetros.

La coloración de la nieve por el polvo no debe confundirse con la más frecuente que le comunica cierto animalillo que vive en su helado seno, el *disceraca* ó *uredo nivalis,* especie de infusorio que se desarrolla en una extensión muy considerable á veces en los Alpes y en las regiones polares.

Cuando cayó en 1847 la lluvia roja de que hablamos, extendíanse las nieves por una gran parte de Francia, como en París, Orleáns, los Vosgos, la Bresse, etcétera; y en la Habana, Bahama, las Azores, Terranova, las Sorlingas, Portugal y España hubo desastrosos huracanes. Impetuosos torbellinos atmosféricos trastornaron el Norte y el Oeste, el Havre y París; en Grignán cayeron de las nubes veinticuatro cigüeñas, asfixiadas ó abrasadas por el rayo. En Nantua, una tromba levantó á tres metros de altura una garita con el centinela, y llenó las calles de pedazos de tejas, vidrios y chimeneas. De los datos recogidos á la sazón por Fournet resulta una baja barométrica muy pronunciada y muy rápida en el día 31, á la cual sucedió otra más fuerte el 2 de abril.

Debemos mencionar á continuación la lluvia de tierra de 27 de marzo de 1862, notable por sus resultados. En estado húmedo, el residuo tenía, como el de 1846, un color rojo bastante marcado para despertar las patrañas vulgares sobre las *lluvias de sangre;* cuando se secaba era una tierra fina y amarillenta. Ehrenberg describió en ella 44 formas diferentes, entre las cuales figuraban esos animalillos microscópicos, de los que en una pulgada cúbica puede haber hasta 466.000.

En la noche del 30 de abril al 1.º de mayo de 1863 estalló en Perpiñán, á eso de las tres de la madrugada, una horrorosa tormenta acompañada de truenos; y acto continuo vióse en muchos puntos de la ciudad, así como en el campo, un polvillo rojizo cuyo origen no se supo averiguar en un principio; pero en breve se conoció que había caído con la lluvia. Esta se extendió por la llanura del departamento de los Pirineos Orientales, y también por los sitios elevados, si bien lo que cayó en éstos fué una nieve roja.

La aparición de sus copos, que al principio se creyeron teñidos en sangre,

causó cierto terror á los habitantes. Por último, en muchos sitios del litoral del Mediterráneo se presentó el mismo fenómeno.

Encontróse un polvo de margas arcillosas y ferruginosas, mezcladas con arenas muy finas que, al atravesar la Atmósfera, le arrebataron en parte las materias orgánicas que se mantenían en suspensión en ella. Bajo este concepto, las lluvias se convierten en caídas de un cieno fertilizador, en *lluvias de abonos*.

Naturalmente, todo viento un poco enérgico es capaz de levantar oleadas de polvo, lo cual se observa más particularmente cuando, animado de un movimiento giratorio, posee esa especie de fuerza de aspiración que le permite formar esos remolinos de arena que tan á menudo se encuentran en los caminos.

Toda la extensión de la vasta zona de los desiertos, que se prolonga en los países intertropicales y subtropicales del Antiguo y Nuevo Mundo, puede muy bien suministrar á los vientos elementos terrosos, transportables á lo lejos. Europa puede proporcionarles arenas y polvo, lo mismo que las apartadas regiones de Asia, Africa y América.

Más arriba hemos apreciado el poder de las trombas. Basta citar la de 1780, notable desde el punto de vista actual, que se desarrolló cerca de Carcasona, en las riberas del Aude, levantó á gran altura enormes cantidades de arena, levantó los tejados de ochenta casas, arrastró y dispersó á lo lejos las gavillas que encontró en los campos. Arboles corpulentos fueron arrancados de cuajo, y sus más potentes ramas lanzadas á más de 40 metros de distancia, etc., etc. Tal poder basta para explicar los más lejanos transportes de arena y tierra. La lluvia de sangre caída en Siena del 28 al 31 de diciembre de 1860, y analizada con cuidado por el doctor Campani, pareció ser de origen orgánico.

Una de las últimas lluvias de sangre más notables es la del 10 de marzo de 1869. Aquel día soplaba en Nápoles el siroco, del que ya hemos hablado en el capítulo de los vientos particulares. En sus ráfagas se veía esa especie de nebulosidad propia de dicho viento y que se asemeja á una ligera niebla; el barómetro había bajado mucho y marcaba 637 milímetros; hacía calor, y de vez en cuando caían bruscos y cortos chubascos de una lluvia menuda y espesa, ó bien de anchas y tempestuosas gotas, cada una de las cuales dejaba una señal fangosa donde caía.

Examinadas de cerca aquellas manchas, tenían un color pardo-amarillento muy pronunciado y se parecían mucho á la señal impresa por una agua ferruginosa; las gotas dejaban una huella en los vestidos y se quedaban marcadas en la seda de los sombreros como las salpicaduras de un barro que tuviera óxido de hierro. Una hoja de papel blanco, humedecida previamente y expuesta al viento, presentó al cabo de cierto tiempo un gran número de granillos rojizos, de forma sensiblemente esférica y cuyo diámetro variaba entre $^1/_{10}$ á $^1/_{100}$ de milímetro.

Si se quiere saber ahora de dónde procedía aquel fango, la respuesta no es dudosa: siguiendo la dirección trazada por el viento, se llega directamente al

Africa sin encontrar ninguna tierra de donde se puedan suponer arrebatadas dichas materias; por consiguiente, debió ser el simún del Sahara el que las sembrara por el Mediterráneo, transportándolas hasta las costas de la Calabria.

M. Breton, profesor de Grenoble, hizo notar que este residuo era del todo análogo, al que él había recogido en Valence en septiembre de 1846, después de la lluvia roja de que hablaremos bien pronto.

Como se había presumido, aquella arena procedía, en efecto, del Sahara. Además en otra relación se ve que el 3 de marzo de 1869 se desencadenó en la Argelia un huracán de los más violentos.

El viento sorprendió á nuestros soldados cerca de El-Outaia, en medio de un mar de arena. Tuvieron que invertir cuatro horas y media en andar 11 kilómetros. «Hace 17 años que vivo en Argelia, dice un testigo ocular, y jamás había visto una tormenta tan espantosa. Toda nuestra pequeña columna hubo de hacer alto, y se tomaron las mayores precauciones para agruparla y evitar la pérdida de algún hombre. Al segundo alto forzoso, nos volvimos de espaldas á la ráfaga, y por espacio de hora y media nos fué imposible ver el Sol y el cielo, aun cuando antes sólo habíamos advertido algunas nubecillas sobre nuestras cabezas. Durante cuartos de hora enteros, nadie pudo ver al que tenía á su lado, tendido en el suelo á dos ó tres metros de distancia.»

No cabe duda de que la lluvia roja caída en Nápoles había salido el día anterior de los arenales del Sahara, removidos por una tempestad que se extendió por la Europa entera, el Mediterráneo y África.

Al mismo tiempo (el 23 de marzo) se observó en Sicilia que la Atmósfera estaba cargada de densas nubes y de un polvo amarillento que daba al cielo un aspecto extraño. Cuando empezó á caer la lluvia, cada gota dejó un residuo amarillo que no se pudo separar fácilmente sino después de dos ó tres filtraciones. Aquella substancia contenía arcilla, arena caliza, peróxido hidratado de hierro, cloruro de sodio, sílice, y materias orgánicas nitrogenadas.

El 7 de febrero de 1870 se produjo una fuerte depresión barométrica sobre Inglaterra; el barómetro marcó 745 milímetros en Penzance; el 9 descendió sobre el Mediterráneo; el 10 estuvo sobre Sicilia, donde el barómetro descendió más que en Roma. Esta depresión barométrica fué acompañada de una violenta tempestad. El 11 y el 12 calmó el tiempo y el barómetro subió; el ciclón estaba en Africa, donde levantaba las arenas del Sahara. El 13 de febrero, á las dos de la tarde, se nota la presencia de arena roja en el agua de lluvia, por los alrededores de Roma, en Subiaco, en Tívoli y en Mondragone. En la noche del 13 al 14 cae en Génova una materia terrosa y roja, y en Moncalieri el P. Denza, director del Observatorio, recoge *nieve roja* que contenía la misma arena.

Esta reseña histórica de las lluvias de arena nos demuestra: 1.°, que son reales; 2.°, que la mayor parte de las veces se deben á los polvos arrastrados por el

viento hasta regiones muy remotas, y 3.°, que no son tan raras como parece. Tanto es así, que en el siglo último se han notado, entre otras, las siguientes (lluvias rojas y amarillas):

1803 Febrero. . .	Italia.	1854 Mayo. . . .	Harburgo, cerca Colmar.
1813 Febrero. . .	Calabria.	1860 31 diciembre	Siena.
1814 Octubre. . .	Oneglia.	1862 Marzo. . . .	Beaunan, cerca Lyón.
1819 Septiembre.	Studein (Moravia).	1863 Marzo. . . .	Rhodes.
1821 Mayo. . . .	Giessen.	1863 Abril.. . . .	Entre Lyón y Aragón.
1838 Abril. . . .	Philippeville (Algeria).	1868 26 abril. . .	Tolosa.
1841 Febrero. . .	Génova, Parma, Canigó.	1869 10 marzo . .	Nápoles.
1842 Marzo. . . .	Grecia.	1869 23 marzo . .	Sicilia.
1846 Mayo. . . .	Syam, Chambery.	1870 14 febrero. .	Roma.
1846 Octubre. . .	Delfinado, Saboya, Vivarais.	1872 7 marzo. . .	Roma.
		1875 7 marzo. . .	Cahors.
1847 Marzo. . . .	Chambery.	1777 7 mayo . . .	Cahors.
1852 Marzo. . . .	Lyón.	1877 Junio.. . . .	Fontainebleau.

Vese, pues, que cuando esas singulares lluvias tienen lugar con más frecuencia es en la primavera y en el otoño, es decir, en la época de las tempestades equinocciales.

Las lluvias rojas son debidas al transporte de arena rojiza. Las lluvias amarillas, dichas de azufre, son debidas al transporte de polen. ¿Ha habido algunas veces verdaderas lluvias de azufre? Puede ser, en ciertas comarcas ricas en materias bituminosas; puede que sí en los alrededores de los volcanes y de las solfataras; quizá en Sodoma y Gomorra.

Olaus Wormius cuenta que, en 16 de marzo de 1646, cayó en Copenhague una lluvia muy abundante que inundó toda la población y que contenía un polvo exactamente parecido al azufre por su color y olor. Según Simón Paulli, el 19 de mayo de 1665, cayó en Noruega, durante una horrible tempestad, un polvo del todo parecido al azufre, que, echado al fuego, produjo el mismo olor, y que mezclado con el espíritu de trementina, produjo un licor cuyo olor parecía exactamente el del bálsamo de azufre. La proximidad de los volcanes de Islandia basta para explicar estos hechos. Los fenómenos de esta misma naturaleza no son raros en Nápoles. Ligesbeck hace mención en las *Memorias* de Breslaw de una lluvia de azufre caída en la villa de Brunswick, y *que era un verdadero azufre mineral.*

El hecho requeriría confirmación.

Según las observaciones críticas más recientes, no se trata del azufre. El 7 de mayo de 1887 cayó una lluvia de este género en Cahors y sus alrededores. Al día siguiente recibí una muestra del polvo amarillo que le había dado este aspecto. Esta substancia no se quemaba. Gracias á la amabilidad de MM. Laroussilhe y Bourrières, de Cahors, el primero de los cuales me había remitido la muestra y el segundo la había examinado al microscopio solar con un aumento de 600 diámetros, se pudo hacer constar absolutamente que este polvo no es

otra cosa que el polen de coníferas de la tribu de las abietíneas (pinos). Estos granos de polen medían ocho centésimas de milímetro. Una «lluvia de azufre» caída al siguiente mes en Fontainebleau tenía el mismo origen.

He aquí ahora otra serie de lluvias prodigiosas referidas por las crónicas antiguas, exageradas é interpretadas de diferentes modos, y cuyas explicaciones no se pueden dar siempre fácilmente:

Cítanse con bastante frecuencia las *lluvias de leche*. Obsequens dice que en el territorio de Veies llovió leche y aceite en 629. La absoluta carencia de datos positivos sobre casos de esta índole autoriza, cuando más, á aventurar algunas conjeturas basadas en las erupciones volcánicas ó en el levantamiento de tierras blancas ó cretáceas por un huracán. Estos supuestos arroyos de leche son un fenómeno común en ciertas comarcas; la circulación de la lluvia por las tierras blancas basta para producir esta ilusión.

Dion Cassio y Glycas señalan lluvias de mercurio.

Podemos comprender entre dichas lluvias un fenómeno que se ha observado muy á menudo en determinadas circunstancias para que pueda ponerse en duda su realidad. Nos referimos á la aparición de *cruces* en los vestidos. He aquí algunos ejemplos:

En 764, los desórdenes de los monjes de la iglesia de San Martín de Tours les atrajeron la cólera de Dios. Cayó sangre del cielo en la tierra y aparecieron cruces en los vestidos de los hombres (Gregorio de Tours).

Fritsch señala en 783 una lluvia de sangre y de cruces sobre los vestidos, sin que se trate de lluvia.

En 1094 cayeron cruces del cielo sobre los vestidos de los sacerdotes, sin duda para advertirles, dice G. Schott.

El año 1534 cayó en Suecia una lluvia que dejaba impresas en los trajes cruces rojas. Cardán explica este fenómeno atribuyéndolo á cierto povillo rojo diluído en el agua de la lluvia y diciendo que las cruces estaban formadas por las gotas que caían en la trama de los tejidos.

Esta explicación es sin duda la verdadera; seguramente sólo se trataba de lluvias de polvo análogas á las precedentes.

De la sangre á la carne la transición es directa. Reproduzcamos el caso siguiente, citado por Obsequens: «En el año 273 de Roma cayó carne del cielo, como si fuera nieve, en pedazos más ó menos gruesos. La que no fué devorada por las aves, no exhaló olor alguno ni sufrió la menor alteración.» Este último detalle característico demostraría con evidencia, si de ello hubiera necesidad, que aquí no se trata de verdadera carne animal, puesto que la carne es esencialmente corruptible. ¿Cuál sería, pues, aquella substancia caída del cielo? ¿Cabrá alguna analogía entre dicha materia sólida y el maná de los hebreos? Seguramente se trataba de una especie de liquen.

En nuestra época, y en los años 1824 y 1828, se vió en una comarca de la Persia caer una lluvia de este género, tan abundante en algunos puntos, que for-

mó una capa de cinco ó seis pulgadas de espesor en el suelo. Consistía en una especie de liquen, ya conocido; los ganados, y sobre todo los carneros, lo comieron con avidez, y hasta se hizo pan con él.

Se pueden referir á los hechos precedentes la caída de materias blandas señalada por Muschenbroeck y que fué observada en Irlanda el año 1675. Era una lluvia de substancia grasa como manteca, glutinosa, que se reblandecía en la mano y que se separaba al fuego produciendo mal olor.

Los anales de la meteorología conservan otros ejemplos del mismo orden, tales como las lluvias de granos de trigo, de avena, de hojas, de flores, arrastrado todo ello por el viento, quizás desde muy lejos.

Por lo que se refiere á las lluvias de flores y hojas, se han comprobado auténticamente.

El 9 de abril de 1869, á las 12 y 10 minutos, estaba la Atmósfera muy despejada y tranquila en Autreche (Indre y Loira): M. Jallois asegura que uno de sus corresponsales presenció una lluvia de hojas secas de encina que caían de las regiones superiores de la Atmósfera; su vista era muy penetrante; las veía aparecer como puntos brillantes en el azul del cielo, y luego caer á su alrededor siguiendo una trayectoria casi vertical, ligeramente inclinada de Oeste á Este. Fué testigo de aquel fenómeno por espacio de diez minutos; pero la lluvia de hojas había empezado probablemente antes de que él saliera. En una charca inmediata donde flotaban dichas hojas, había lo menos una por metro cuadrado.

Aquel fenómeno parecía ser consecuencia de una deshecha borrasca ocurrida el 3 de abril; las hojas de encina arrebatadas por un torbellino y transportadas á las altas regiones de la Atmósfera estarían probablemente sostenidas por el viento durante seis días, y cayeron tan luego como se restableció la calma.

La lluvia en cuestión me trae á la memoria otra de naranjas.

Una tromba que se formó el 8 de julio de 1833 en el mar cerca de la punta de Pausilipo (Nápoles) se metió por la costa y vació completamente dos grandes cestos de naranjas; algunos momentos después, y á bastante distancia de allí, una joven que estaba en una azotea vió caer en torno suyo una lluvia de naranjas, fenómeno mucho más divertido que el de una lluvia de ranas ó sapos, pero también más asombroso, puesto que las naranjas son algo más voluminosas y pesadas que aquellos animalejos, que también han figurado en las lluvias tempestuosas.

A las de vegetales que acabamos de mencionar agregaremos otras no menos curiosas, y comprobadas de una manera irrefutable; tales son las de *animales vivos*.

Hemos visto ya en el capítulo de las trombas, pág. 177, que estos meteoros pueden arrastrar el agua de los estanques con los peces que contienen. El meteorologista Peltier cuenta que cierto día le cayeron en la cabeza algunas ranas arrebatadas por una tromba. Esto ocurrió en Ham en 1835, habiéndose confirmado debidamente este fenómeno; pero citemos otro mucho más reciente.

A las cuatro y media de la madrugada del 30 de enero de 1869, y después de un fuerte golpe de viento, empezó á nevar en Arache (Alta Saboya), y á la mañana siguiente se encontraron en la nieve una porción de larvas vivas, que en su mayor parte eran del *Trogosita mauritanica*, insecto muy común en la madêra vieja de los bosques del Mediodía de Francia. Asimismo se encontraron algunas

Fig. 89. – Lluvia de langostas

orugas de una pequeña mariposa de la tribu de los noctuelidos, probablemente del *stibia stagnicola*. Esta oruga alcanza todo su desarrollo durante el mes de febrero, y habita el Centro y el Mediodía de Francia. Semejante lluvia de insectos, en Arache, á una altitud de 1.000 á 1.200 metros, no puede explicarse sino suponiendo que un viento impetuoso los transportara desde alguna localidad del Mediodía de Francia.

En noviembre de 1854, gracias á un violento huracán, cayeron en un bosque de los alrededores de Turín millares de insectos, en gran parte vivos. Los

unos estaban en estado de larva y los otros en el de insecto perfecto; todos pertenecían á una especie del orden de los hemípteros, que sólo se ha encontrado en la isla de Cerdeña.

Los autores citan muchos ejemplos de estas lluvias de insectos.

En Atenas, Philarco cuenta haber visto caer del cielo peces y ranas en gran cantidad y en muchos lugares. El mismo autor hace la siguiente cita: «Heráclito Lembo, en el libro XXI de las *Historias*, dice que Dios hizo llover ranas alrededor de la Pœnia y de la Dardania en tan gran cantidad, que las casas y los caminos estaban llenos. Se cerraron las habitaciones y se destruyó un gran número; se las encontró mezcladas con los alimentos y cocidas con ellos; las aguas estaban llenas; no se sabía dónde poner el pie. La descomposición de sus cadáveres produjo un olor tan infecto que fué preciso abandonar el país.»

Fromond pretende que á las puertas de Tournai, en 1685, estando con muchos de sus amigos, una lluvia súbita cayó sobre un polvo seco é hizo aparecer de pronto tal multitud de ranas, que no se veía casi otra cosa por todos lados, siendo todas del mismo tamaño y del mismo color.

Porta asegura haber visto á menudo entre Nápoles y Puzzoli nacer ranas en medio del polvo seco, mojado repentinamente por la lluvia. Esta particularidad, añade, es conocida por muchos habitantes de las ciudades.

En Cahors hubo en 1818 y en 1847 una lluvia de sapos.

Las apariciones repentinas de ranas y sapos se deben las más de las veces á que estos animales salen de sus charcas después de las tormentas, y pueden atravesar fácilmente los caminos. Aunque las trombas pueden arrebatar peces y ranas, es raro que así suceda.

Las lluvias de langostas se deben á las caravanas volantes de estos ortópteros, los cuales son el azote de la agricultura. Llegan sostenidas por los vientos, se posan en el suelo, y transforman la comarca más fértil en un árido desierto. Sus innumerables bandadas presentan desde lejos el aspecto de un nublado tempestuoso que intercepta la luz del Sol. A cuanto alcanza la mirada, se ve el cielo negro y el suelo inundado de dichos insectos.

El zumbido de aquellos millares de alas es comparable al ruido de una catarata. Cuando tan espantoso ejército se deja caer á tierra, se rompen las ramas de los árboles, desapareciendo toda vegetación en pocas horas y en muchas leguas de extensión: los trigos quedan serrados, los árboles despojados de sus hojas, y todo destruído, roto, picado, devorado. Cuando ya no queda nada, el exterminador enjambre se remonta como si obedeciera á una señal, y emprende de nuevo la marcha dejando tras sí el hambre y la desesperación.

Sucede á menudo que, después de haberlo talado todo, mueren de hambre antes de la época de la puesta. Sus innumerables cadáveres, amontonados y caldeados por el Sol, no tardan en corromperse, y entonces se desprenden de ellos emanaciones infectas, que, produciendo enfermedades epidémicas, diezman las poblaciones.

En 1749, detuvieron dichos insectos el ejército de Carlos XII, rey de Suecia, que se retiraba á la Besarabia, después de la derrota de Pultawa. El rey se creyó sorprendido por una granizada cuando un nublado de langostas se dejó caer bruscamente sobre sus tropas. Había anunciado su llegada un rumor estridente, parecido al que precede á una tempestad, y el zumbido de su vuelo apagaba el

Fig. 90. – Lluvia de insectos

estrépito de las olas del mar Negro. Todos los campos quedaron asolados á su paso.

En el Mediodía de Francia se multiplica á veces la langosta de un modo tan prodigioso que se pueden llenar en poco tiempo muchos barriles con sus huevos, habiendo causado en varias épocas inmensas pérdidas.

En el mes de enero de 1613, las langostas invadieron las campiñas de Arlés. En siete ú ocho horas los trigos y los forrajes fueron devorados hasta la raíz en una extensión de 15.000 fanegas. Luego atravesaron el Ródano, llegaron á Taras-

cón y á Beaucaire, donde se comieron las plantas de las huertas y la alfalfa. Luego se trasladaron á Aramón, á Monfrin, Valabrégues, etc., en donde fueron felizmente destruídas por los estorninos y otros pájaros insectívoros, que acudieron en bandadas inmensas. Los cónsules de Arlés y Marsella hicieron desaparecer los huevos. Arlés gastó para esta caza 25.000 libras, y Marsella 20.000. Tres mil quintales de huevos fueron sepultados ó echados al Ródano. Contando 1.750.000 huevos por quintal, daría un resultado total de cinco mil doscientos cincuenta millones de langostas destruídas en germen, y que sin esto habrían renovado bien pronto los destrozos de que acababa de ser víctima el país.

En 1825, en los territorios de Saintes-Maries, no lejos de Aigues-Mortes, en la ribera del Mediterráneo, se llenaron 1.518 sacos de langostas muertas, cuyo peso era de 68.861 kilogramos; en Arlés se recogieron 165 sacos ó 6.600 kilogramos.

La Argelia queda á veces devastada por invasiones de langosta. Allí hay muchos años de langosta, como en nuestros países los hay de abejorros, pulgones, orugas, etc. Por fortuna, estas plagas son bastante raras: las más terribles ocurrieron en 1845, 1866 y 1887.

Del 25 al 31 de mayo de 1887 se recogieron, sólo en el departamento de Letif (Algeria), 10.282 dobles decalitros de huevos de langosta: lo que no representa menos de siete mil doscientos cincuenta y siete millones de langostas.

Se han visto también verdaderas lluvias de abejorros bajando del cielo como una espesa nube y cubriendo los campos, las sendas y las carreteras.

Los enjambres de estos insectos pasan también de una provincia á otra, como los de langostas. Apiñadas muchedumbres de dichos coleópteros emigran de un país cuando lo han arrasado por completo, no ya levantados por una tromba, sino ordinariamente impelidos por el viento.

Para dar una idea del prodigioso número en que se reunen los abejorros en determinadas circunstancias, recordaremos algunas fechas históricas.

En 1574 se presentaron con tal abundancia en Inglaterra, que paralizaron el movimiento de los molinos en el Severn.

En 1688 formaron una nube tan espesa en el condado de Galway, en Irlanda, que se obscureció el cielo en el espacio de una legua, y los campesinos apenas podían transitar por los sitios en donde se habían dejado caer. Allí destruyeron toda la vegetación, de suerte que la campiña presentaba el aspecto triste y desolado del invierno. Sus voraces mandíbulas hacían un ruido comparable al que se produce cuando se sierra un tablón, y por la noche el zumbido de sus alas se parecía á los redobles lejanos de muchos tambores. Los desdichados irlandeses no tuvieron otro remedio sino cocer á sus invasores, y comérselos á falta de mejor alimento.

En 1804 un impetuoso viento precipitó en el lago de Zurich inmensas bandadas de abejorros, que formaron en la orilla un espeso banco de cuerpos amontonados, cuyas emanaciones pútridas infestaban la Atmósfera.

El 18 de mayo de 1832, á las nueve de la noche, cayó una legión de abejorros sobre una diligencia en el camino de Gournay á Gisors, al salir del pueblo de Talmontiers, con una violencia tan grande, que los caballos, cegados y espantados, se resistieron á avanzar, y el conductor tuvo que volver al pueblo, para esperar allí el fin de aquella granizada de nueva especie. (Figuier, *Los insectos.)*

Las lluvias de insectos, más ó menos abundantes, no son muy raras. El 21 de julio de 1887, una lluvia de gruesas hormigas voladoras cayó sobre las calles y plazas de Nancy; el 30 de julio siguiente la población de Mozamet (Tarn) fué sorprendida por una lluvia semejante (1).

Tal es la serie de las lluvias de sangre, tierra, vegetales y animales que consigna la historia de la meteorología. No pasaremos de aquí, porque así como ha habido escritores que hablaban de granizos del tamaño de un elefante, así también la exageración ha decuplicado y centuplicado en estos otros fenómenos los efectos auténticos.

Recordemos no obstante lo que hemos dicho más arriba á propósito de las trombas, que pueden levantar y transportar más ó menos lejos animales bastante pesados.

(1) Como dato muy reciente podemos citar la lluvia de hormigas que, á las cuatro de la tarde del 16 de julio de 1901, cayó sobre Bruselas y sus alrededores en una extensión de muchas leguas cuadradas, sin que se notara ninguna alteración atmosférica, pues el día era espléndido y muy caluroso.

En Cataluña es muy frecuente el caso de encontrar verdaderas nubes de estos insectos en las cimas de las montañas, donde se precipitan en los días calurosos de verano.

LIBRO SEXTO

LA ELECTRICIDAD, LAS TORMENTAS, EL RAYO

CAPITULO I

LA ELECTRICIDAD EN LA TIERRA Y EN LA ATMÓSFERA

ESTADO ELÉCTRICO DEL GLOBO TERRESTRE.—DESCUBRIMIENTO DE LA ELECTRICIDAD ATMOSFÉRICA.—EXPERIMENTOS DE OTTO DE GUERICKE, WALL, NOLLET, FRANKLIN, ROMAS, RICHMANN, SAUSSURE, ETC.—ELECTRICIDAD DEL SUELO, DE LAS NUBES Y DEL AIRE.—FORMACIÓN DE LAS TORMENTAS.

En los primeros libros de esta obra hemos podido apreciar el aire considerado en sí mismo, su acción en la naturaleza y su importancia en la vida terrestre. En seguida hemos estudiado la distribución del calor en el globo y en la Atmósfera, y admirado la acción permanente de esa fuerza colosal que imprime sin cesar el movimiento á la gran fábrica en cuyo fondo respiramos. Después hemos fijado nuestra atención en un elemento no menos considerable, en el agua, examinándolo según su distribución en la superficie del globo y en la Atmósfera, reuniendo siempre en nuestra contemplación el globo sólido y el fluido vital que le circunda, ya que su acción recíproca está íntimamente ligada, y que al estudiar la Atmósfera no tenemos otro objeto ni más resultado en definitiva que estudiar la misma vida terrestre en su conjunto general. Llegamos ahora al agente más maravilloso y más singular que existe, cuyo estudio ampliará doblemente el inmenso panorama que venimos desarrollando en esta obra. Henos en presencia de *la electricidad*, las tormentas y el rayo. Su estudio no es de los menos complicados, pero los maravillosos resultados que se ofrecerán á nuestra vista recompensarán con creces nuestro trabajo. Siguiendo el método que hemos adoptado, empecemos desde luego por examinar su distribución en la Tierra y en la Atmósfera.

Sin embargo, antes de penetrar en sus dominios, veamos cuál es su historia, bastante curiosa por cierto.

Podríamos remontarnos sin duda hasta Numa Pompilio, que, así como los

etruscos, debió tener alguna noticia de la afinidad del rayo con las puntas, de su conductibilidad por el hierro, y tal vez intentó desviar el rayo, como lo hacemos hoy nosotros, por medio de los pararrayos. Asimismo podríamos presentar á su sucesor Tulio Hostilio, muerto por una exhalación, como lo fué el físico Richmann en el siglo pasado, por haber descuidado ciertos ritos, es decir, ciertas precauciones sin las cuales es peligroso jugar con el rayo. Podríamos, en fin, referir qué interpretación habían dado los romanos á las diferentes especies de rayos y de truenos, dividiéndolos en rayos nacionales, individuales, de familia, de consejo, de autoridad, amonestadores, postulatorios, confirmatorios, auxiliares, desagradables, pérfidos, pestíferos, amenazadores, mortíferos, etc., etc. Pero esta obra va siendo asaz voluminosa, y temo abusar de la paciencia del lector. Y, sin embargo, es preciso detenerse algún tanto, pues no habríamos apreciado la obra de la Atmósfera en toda su extensión, si no viésemos cómo se forma una tormenta, cómo da rienda suelta á su furor en el seno de las desgarradas nubes, cómo se precipita el rayo con vertiginosas convulsiones, y cómo desaparece después de haber agotado su energía en múltiples descargas. De todos cuantos fenómenos atmosféricos conocemos, no hay ninguno que haga alarde de fuerzas más sutiles ni más formidables; más bruscas por una parte, ni más juiciosas y metódicas por otra.

Hemos dicho que era superfluo remontarse hasta los tiempos antiguos en la relación de que vamos á ocuparnos; en cambio no podemos omitir tan fácilmente los modernos. Narremos sucintamente esta historia.

Otto de Guericke, burgomaestre de Magdeburgo y célebre inventor de la máquina neumática, fué el primero que descubrió en 1650 cierta apariencia de luz eléctrica. Casi en la misma época, excitando el doctor Wall la electricidad en un gran cilindro de ámbar, percibió una chispa más viva y un ruido mucho más fuerte, y, cosa notable, aquella primera chispa producida por la mano del hombre se comparó en el acto á los fulgores del rayo. «Esta luz y este chasquido, dice M. Wall (*Transacciones filosóficas*), representan en cierto modo el trueno y el relámpago.» La analogía era sorprendente; bastaba un poco de buena voluntad para comprenderlo así; pero, para demostrar su realidad, para adivinar en un fenómeno tan pequeño las causas y las leyes del fenómeno más grande de la naturaleza, se requería una serie de pruebas que solamente podía emprender un genio superior. Muchos físicos hubo que buscaban estas pruebas por medio de analogías más ó menos ingeniosas; unos observaban que la chispa es *ganchuda* como el relámpago; otros pensaban que el rayo es en manos de la naturaleza lo que la electricidad en las nuestras.

«Confieso que esta idea me complacería mucho, decía el abate Nollet, si estuviera bien sostenida; y para sostenerla, ¡cuántas razones especiosas!»

Mientras en Europa y en todo el antiguo mundo ilustrado se gastaba el tiempo en tales discusiones, se hacían pruebas en América, en un pueblo nuevo, apenas conocido en las ciencias, y estas pruebas iban directamente encaminadas á conocer el rayo. Franklin halló el medio de hacerle bajar del cielo

para interrogarle acerca de su origen. *Eripuit cœlo fulmen sceptrumque tyrannis.*

Después de haber hecho muchos descubrimientos eléctricos, especialmente sobre la botella de Leyden y el poder de las puntas, Franklin tuvo la atrevida idea de ir á buscar la electricidad al mismo seno de las nubes; algunos experimentos decisivos le habían dado á conocer que un vástago de metal puntiagudo, elevado á una gran altura, debía recibir la electricidad de las nubes tempestuosas. Estuvo esperando con gran impaciencia que terminara la construcción de un campanario que á la sazón se erigía en Filadelfia; pero, cansado de aguardar y deseoso de hacer una prueba que debía disipar todas las dudas, recurrió á otro medio más expedito y no menos seguro en cuanto á sus resultados. Como se trataba tan sólo de dirigir un cuerpo á la región del rayo, es decir, á una considerable altura en la región de los aires, Franklin pensó que una cometa, por el estilo de las que remontan los niños, podría servirle tan bien como el mejor campanario. Arregló, pues, dos palos en cruz, un pañuelo de seda y un cordel de conveniente largura, y aprovechando la primera tempestad, salió al campo á hacer la prueba. Una sola persona le acompañaba: su hijo. Temiendo el ridículo, compañero inseparable de toda tentativa frustrada, según lo confiesa él mismo ingenuamente, no había querido confiar á nadie su proyecto. Remontó la cometa; la primera nube que se presentó, aunque prometía mucho, no produjo ningún efecto; luego avanzaron otras, y ya puede calcularse la inquietud con que las esperaba el eminente físico. Todo parecía tranquilo; no se veía ninguna chispa, ninguna señal eléctrica, hasta que por último empezaron á levantarse algunos filamentos de la cuerda como si los empujaran, dejándose oir un pequeño rumor: alentado Franklin por estas apariencias eléctricas, puso el dedo en el extremo de la cuerda, y vió aparecer al momento una chispa intensa á la que siguieron otras muchas. Entonces fué la primera vez en que el genio del hombre pudo jugar con el rayo y sorprender el secreto de su existencia.

El experimento de Franklín tuvo lugar en junio de 1752, y en breve lo repitieron en todos los países ilustrados, obteniendo por doquiera el mismo éxito. Un magistrado francés llamado de Romas, asesor en el tribunal de Nerac, aprovechándose de la primera idea de Franklin, publicada ya en Francia, imaginó á su vez substituir la cometa á las barras elevadas; y en el mes de junio de 1753, antes de que llegaran á su noticia los resultados de Franklin, obtuvo señales eléctricas muy enérgicas, por haber tenido la feliz idea de poner un alambre delgado á lo largo de toda la cuerda, que medía 260 metros. Más adelante, en 1757, de Romas repitió de nuevo la prueba durante una tormenta, y en aquella ocasión obtuvo chispas de un tamaño sorprendente. «Figuraos ver, dice, llamaradas de nueve ó diez pies de longitud y una pulgada de grueso, que hacían tanto ó más ruido que un pistoletazo. «En menos de una hora obtuve sin la menor duda treinta llamaradas de dicha dimensión, sin contar otras mil de siete pies y menos.» A aquellos experimentos asistió un gran número de personas, entre las cuales habia algunas señoras que arrostraban impávidas la tormenta.

Estos ensayos no dejaban de ser peligrosos, como fácilmente se comprende. Romas fué derribado una vez por una descarga demasiado fuerte, aunque no recibió ninguna herida de gravedad. No le sucedió lo mismo á Richmann, miembro de la Academia de Ciencias de San Petersburgo, que perdió la vida haciendo una de sus pruebas. Había hecho pasar desde el tejado de su casa hasta su gabinete una barra de hierro aislada que le conducia la electricidad atmosférica, cuya intensidad medía diariamente. El 6 de agosto de 1753, en medio de una deshecha tempestad, se mantenía á cierta distancia de la barra para evitar las fuertes chispas y esperaba el momento de medirlas, cuando entró inopinadamente su grabador, y Richmann dió algunos pasos hacia él, acercándose demasiado al conductor. En aquel momento, un globo de fuego azulado, tan grueso como el puño, le alcanzó en la frente, dejándole instantáneamente muerto.

De cien años á esta parte se ha proseguido el estudio de la electricidad, haciéndose continuos experimentos en los gabinetes de física, por una parte, y en la Atmósfera, por otra.

Harto conocidos son los magníficos resultados, las maravillosas consecuencias que han dado de sí los primeros: la telegrafía eléctrica, que nos permite hablar en voz baja con nuestros hermanos de América y lleva el pensamiento humano y las palpitaciones de la vida de los pueblos á través de todo el mundo civilizado; así como la galvanoplastia, que reproduce fielmente las obras maestras de la estatuaria y del grabado, son sus dos aplicaciones más importantes. Los experimentos sobre la electricidad atmosférica dedicados á los fenómenos más complejos y poderosos, nos han permitido adquirir una noción exacta de los estados de esa electricidad y de sus diferentes manifestaciones.

El globo terrestre y la Atmósfera son dos inmensos depósitos de electricidad, entre los cuales hay cambios perpetuos de descomposición y restitución, que desempeñan en la vida de las plantas y de los animales un papel complementario de la obra del calor y de la humedad.

El resultado general de las investigaciones sobre el estado de la electricidad en la superficie del globo y en la Atmósfera consiste en que, en el estado normal, el globo se halla cargado de electricidad *negativa*, al paso que la Atmósfera está llena de electricidad *positiva*. En la superficie del suelo, donde hay continuos cambios, la electricidad se encuentra en estado neutro, lo mismo que en la capa de aire inferior que se halla en contacto con la superficie, así en el continente como en los mares. La electricidad positiva aumenta en la Atmósfera con la elevación.

La evaporación considerable que se efectúa, según hemos visto, en la superficie de los mares en las regiones ecuatoriales, carga de electricidad positiva las nubes, que, transportadas por las corrientes superiores, se dirigen hacia las regiones polares, acumulando en su Atmósfera esta electricidad. La influencia de este fluido positivo da lugar en el suelo de aquellas regiones á una condensa-

ción contraria de electricidad negativa. A ambas tendencias opuestas se deben especialmente las auroras boreales, que consisten en una reconstitución silenciosa, pero visible, del fluido natural por las dos tensiones contrarias de la Atmósfera y del suelo; así es que la aparición de las auroras boreales va acompañada de corrientes eléctricas que circulan en el suelo á una distancia bastante grande para que los movimientos de la aguja imanada indiquen en el Observatorio de París, por ejemplo, una aurora producida en Suecia ó en Noruega.

De la electrización positiva de las nubes resulta un estado análogo para las mismas. Sin embargo, algunas veces se han visto nubes negativas. No es raro observar en las cumbres de las montañas nubes que se adhieren á ellas como si las atrajeran, se detienen, y luego se separan para seguir el movimiento general de los vientos. Acontece á menudo que en estos casos las nubes han perdido su electricidad positiva poniéndose en contacto con las montañas, y tomando en cambio la electricidad negativa de éstas, que, lejos de continuar reteniéndolas, tienden á rechazarlas. Por otra parte, una capa de nubes, puesta entre el suelo, negativo, y otra superior, positiva, es casi neutra; su electricidad positiva se acumula en su superficie inferior, y las primeras gotas de lluvia las hacen desaparecer. Esta capa observará desde entonces la misma marcha que la superficie del suelo, es decir, se volverá negativa bajo la influencia de la capa superior, dotada de una fuerte tensión positiva. Pero, en general, las nubes están cargadas de electricidad positiva.

La electricidad atmosférica experimenta, así como el calor y la presión del aire, una doble oscilación anual y diurna, y otras accidentales más considerables que las regulares. El máximo ocurre entre 6 y 7 de la mañana en verano, y desde las 10 á las 12 en invierno; el mínimo se presenta entre 5 y 6 de la tarde en la primera estación, y hacia las 3 en la segunda. Obsérvase además un segundo máximo á la puesta del Sol, y luego una diminución durante la noche hasta la aurora. Esta oscilación está ligada con la del estado higrométrico del aire. En la variación anual, el máximo tiene lugar en enero, y el mínimo en julio, debiéndose á la gran circulación atmosférica; el invierno es la época en que las grandes corrientes ecuatoriales tienen mayor actividad en nuestro hemisferio, y entonces son más numerosas las auroras boreales.

Como los estados positivos ó negativos de la electricidad, marcados por los aparatos construídos para medir la intensidad de este agente, no son más que una relación en más ó en menos entre dos cargas diferentes, resulta de aquí que cuando una nube electrizada positivamente pasa por encima de nuestras cabezas y se resuelve en lluvia, el aire puede acusar electricidad negativa antes y después de la lluvia, y aun durante ella, según la intensidad de la carga de la nube. Es fácil representar este estado de cosas con M. Quetelet haciendo el siguiente raciocinio:

A B C D E (fig. 91) es el suelo que suponemos en estado neutro. La capa

de aire A' B' C' D' E', paralela al suelo, está electrizada positivamente, en ausencia de las nubes, y por igual en todas sus partes. La capa A" B" C" D" E", más elevada, está también electrizada positivamente y con mayor intensidad. Se presenta una nube, B' C' D', electrizada positivamente, pero más que el aire ambiente; y resulta que, relativamente á ella, el aire que la rodea ofrecerá una electricidad negativa.

Para un observador situado en A, la electricidad, en la superficie del suelo, será positiva. Conforme va acercándose la nube, disminuyen estas indicaciones hasta ser nulas y aun negativas al principio del paso de aquélla. Pero la lluvia

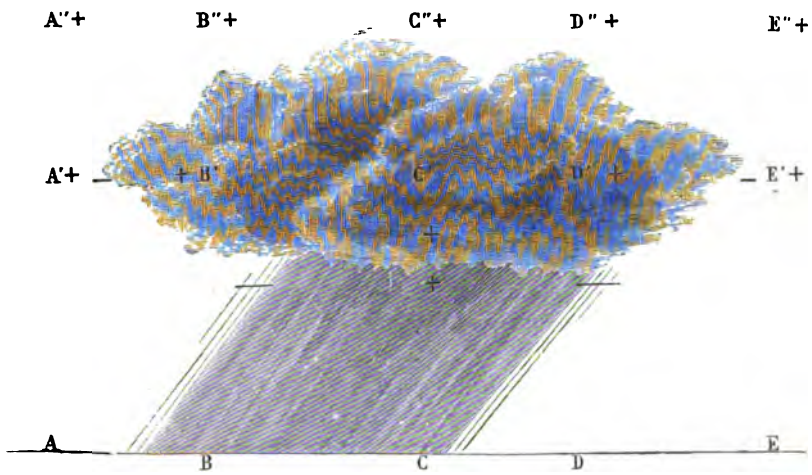


Fig. 91. – Variación de la electricidad atmosférica por la influencia de las nubes y de la lluvia

traerá al poco rato electricidad positiva. Cuando ésta cesa y se aleja la nube, ocurrirá una variación correspondiente; en D las indicaciones serán negativas; en E volverán á ser positivas.

En el libro IV hemos visto que los choques de las grandes corrientes de la Atmósfera en las regiones tropicales donde se verifica la unión del circuito descrito desde el ecuador hasta los polos, que la evaporación de los océanos causada por el calor solar en aquellos focos de condensación, que los cambios de presión atmosférica, etc., engendraron los movimientos ciclónicos, los huracanes y las tempestades, cuya marcha giratoria se eleva hasta nuestras latitudes templadas.

Estos movimientos enérgicos desarrollan la electricidad en grandes proporciones, siendo raro que la tormenta, los relámpagos y el trueno no acompañen á dichos meteoros. La formación de las nubes en el Océano y en nuestros continentes, las brumas de nuestros países, la marcha de los nublados en nuestros valles y en nuestras montañas, desprenden igualmente cantidades variables de electricidad.

Hay *tormenta* cuando, en lugar de cambiarse y de desprenderse tranquilamente la electricidad de las nubes, se acumula en ciertos puntos, se condensa, satura hasta cierto punto el nublado, y acaba por estallar bruscamente para reunirse con la electricidad negativa aglomerada al mismo tiempo, ya en el suelo, ó ya en otras nubes.

Las grandes tempestades llegan á nuestros países, formadas ya desde el Atlántico; proceden de los ciclones, y las nubes que las llevan en su seno están generalmente á una altura que pasa de 1.000 á 1.500 metros, avanzando de SO. á NE. sin que al parecer entorpezcan su marcha las desigualdades del suelo francés. Las tempestades secundarias, que se forman en nuestros mismos países, van llevadas por nubes cuya altura es inferior á la precedente, y que á menudo rasan el suelo hasta tal punto que sienten su influencia, les cuesta trabajo pasar por encima de las montañas, y recorren los valles, donde distribuyen rayos y granizadas sin tasa.

Se han observado tempestades estacionarias que se forman y extinguen en el mismo lugar: tal fué la del 17 de julio de 1885 en los Alpes, tan bien estudiada por M. Colladon.

A la formación de las tormentas precede siempre una baja lenta y continuada del barómetro. La calma del aire y un calor sofocante, que depende de la falta de evaporación de la superficie de nuestros cuerpos, son sus circunstancias características.

Las variaciones del estado eléctrico del suelo y de la Atmósfera, unidas además á las precedentes, obran de un modo poderoso en nuestra organización. Una ansiedad singular, independiente de todo temor motivado, se apodera de ciertas personas de constitución nerviosa, que en vano se esfuerzan por substraerse á ella: en tales circunstancias es cuando se conoce sobre todo lo íntimamente ligados que están entre sí lo físico y lo moral del hombre.

Una temperatura elevada en el momento de una depresión barométrica es la circunstancia más favorable para la formación de una tempestad; una temperatura elevada sin depresión, una fuerte depresión con baja temperatura, no van acompañadas de tempestades.

La temperatura media de los días de tempestad sobrepuja notablemente el valor normal por estos mismos días, y las tempestades son tanto más violentas cuanto las diferencias son más grandes.

Las investigaciones de la termodinámica han establecido de una manera incontestable que el calor no es más que un modo del movimiento: es un movimiento molecular de las partículas de los cuerpos. Se le puede engendrar por frotación.

El movimiento puede transformarse en calor y recíprocamente. El calor á su vez se puede transformar en luz. Lo mismo sucede sin duda con la electricidad. El movimiento puede engendrar la electricidad, como engendra el calor, y es lo que se produce en ciertas máquinas eléctricas. El calor se puede proba-

blemente transformar en electricidad; las condiciones habituales de las tempestades son al menos un indicio de esta transformación.

Podemos pensar que la electricidad terrestre y atmosférica viene del Sol, como el calor y todos los movimientos que existen en la superficie de nuestro planeta. ¿Cómo se transmite del Sol á la Tierra? Sin duda por las ondas etéreas, de la misma manera que la luz y el calor. M. Becquerel ha propuesto que se admitiera que era por las protuberancias solares que serían proyectadas hasta aquí; pero esta hipótesis es inútil.

CAPÍTULO II

LOS RELÁMPAGOS Y EL TRUENO

Cuando la electricidad se desprende de una nube excesivamente cargada de este fluido, y se precipita, ya sobre otra nube, ya sobre un punto del suelo saturado de electricidad contraria, hay producción de luz eléctrica, de esa rápida chispa que en mucha menor escala hacemos aparecer en nuestros experimentos físicos. Esta chispa atraviesa instantáneamente la distancia que separa los dos puntos electrizados, cualquiera que sea, habiéndose averiguado que tan sólo dura un diezmilésimo de segundo. La chispa en cuestión es la que constituye el *relámpago*, y merced á ella estalla el rayo durante las tempestades.

Por lo común, los relámpagos no suelen presentarse sino bajo la forma de un repentino fulgor difuso que ilumina las nubes, el cielo y la Tierra, los cuales quedan inmediatamente sepultados en una obscuridad más profunda que antes, á causa del contraste. Ya sea que el cambio de la electricidad entre las nubes tenga lugar á la vez en una gran superficie que se ilumina y queda á obscuras instantáneamente, ó ya que exista en efecto una chispa como en los relámpagos en línea recta, y la oculten las nubes, tan sólo se ve en este caso, que es el más frecuente, una súbita claridad difusa, en la que se destacan por un momento los contornos más ó menos acentuados de las nubes.

Estos relámpagos difusos son los más comunes; por cada relámpago lineal que aparezca en un día, ó más bien, en una noche de tormenta, se ven aquéllos á centenares; y sin embargo, el lineal es el relámpago característico por excelencia.

Consiste únicamente en una fuerte chispa eléctrica, en un pequeño globo de fuego que desde una nube recargada se lanza á la Tierra, ó desde una nube á otra, ó que sube desde la Tierra á éstas; la rapidez de su trayecto produce el efecto de una línea delgada y luminosa. Es muy raro que dicho trayecto se recorra en línea recta, á pesar del axioma del camino más corto, pues ya sea á causa de la distribución variable de la humedad en el aire, que le hace más ó menos buen conductor, ó ya por no estar igualmente cargados de electricidad todos los puntos del cielo y de las nubes, el relámpago presenta siempre formas sinuosas. El sutil fluido nos demuestra por sus hechos en nuestras moradas que puede saltar repentinamente de un punto á otro, y luego á otro, como por capricho, pero obedeciendo evidentemente á las leyes de la distribución y de la conductibilidad de

la electricidad. Los relámpagos lineales describen las más de las veces ziszás de ángulos obtusos, ó bien serpentean, trazando sinuosas ondulaciones: otras veces se bifurcan en dos ó en más ramas y forman los relámpagos ahorquillados. A veces también se dividen en cuatro ó cinco brazos, ó bien las ramificaciones salidas del relámpago primitivo se subdividen en otras laterales más pequeñas.

No siempre son los relámpagos de una blancura deslumbradora, pues á ve-

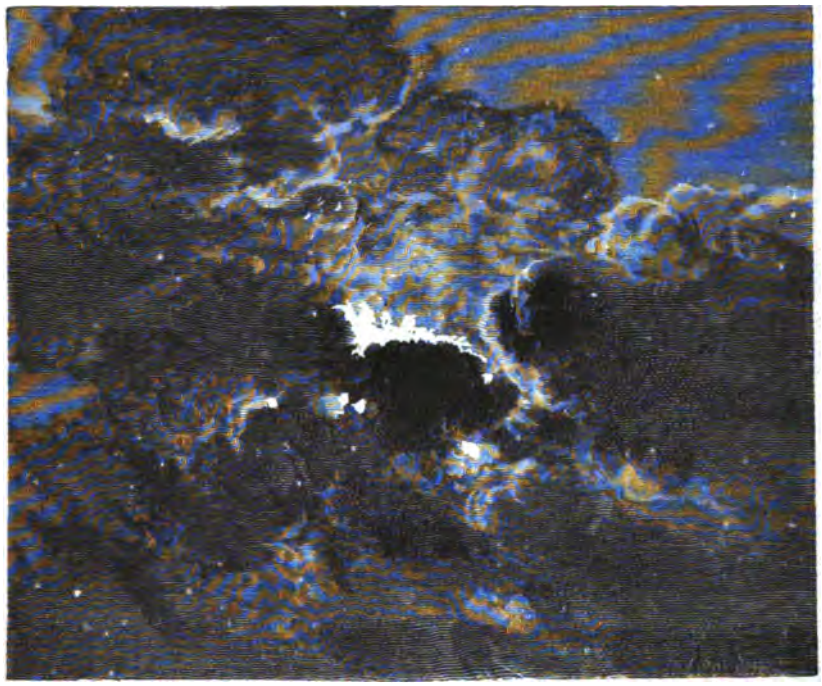


Fig. 92. – Relámpago difuso

ces tienen un matiz amarillo, rojo, azul y aun violado ó purpúreo, cuyo color depende de la cantidad de electricidad que atraviesa el aire, de la densidad de éste, de su humedad y de las substancias que tiene en suspensión. Los relámpagos violados anuncian por lo general que las nubes tempestuosas de donde se desprenden, á través de un aire enrarecido que recuerda el de los tubos de Geissler, se hallan á una altura considerable.

Gracias á los progresos de la fotografía, hoy día se fija sobre las placas gelatino-bromuradas el mismo relámpago, que se imprime en todos sus detalles y que luego se puede examinar con comodidad. La *Revue mensuelle d'astronomie et de meteorologie* ha publicado muchos, especialmente el que reproducimos aquí (fig. 95), tomado por M. Scheusner durante la tempestad del 26 de mayo de

1886 y que es notable por sus bifurcaciones. La figura está sin ningún retoque humano. En otra fotografía de relámpagos, debida á M. Moussette, el relámpago parece haberse lanzado en espiral desarrollada en el espacio como una cinta. ¡Cuántos misterios se esconden aún en un solo juego de relámpago!

Es difícil formarse una idea aproximada de la longitud de los relámpagos. Mientras que á nosotros nos cuesta un trabajo ímprobo producir en los gabinetes de física una chispa eléctrica de algunos centímetros, la naturaleza hace brotar algunos que no miden menos de 1, 5, 10 ó 15 kilómetros de largo. F. Petit ha medido en Tolosa relámpagos de 17 kilómetros de largo; esta es la mayor lon-

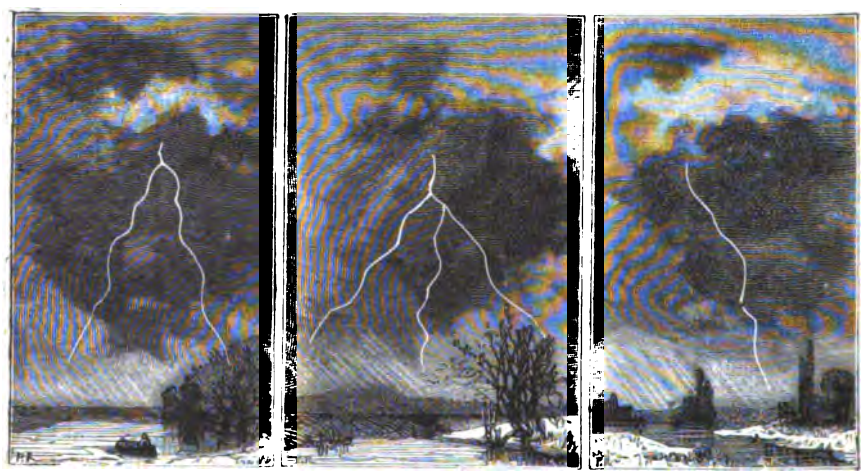


Fig. 93. – Relámpagos ahorquillados y en ziszás

gitud que he visto entre un número considerable de observaciones anotadas. Arago ha atribuído una longitud de 12 á 16 kilómetros á una serie de relámpagos estudiados por él.

¿Cuál es la altura de las nubes tempestuosas? Según resulta de todas las observaciones, es evidente que se forman tempestades á todas las alturas. De l'Isle midió una, el 6 de junio de 1712, que se cernía á 8.000 metros por encima de París; Chappe vió otra el 13 de julio de 1761 á 3.470 de altura sobre Tobolsk, y el 15 de junio de 1834 vió Kaemtz otra á 3.100 metros sobre Halle. Estas observaciones han dado una serie decreciente de alturas, que casi acaban por llegar al suelo. Haidinger midió el 15 de junio de 1826 la elevación de nubes tempestuosas que se hallaban solamente á 70 metros de altura en Gratz, y el 26 de abril de 1827 las vió á 28 metros no más sobre Admont. Esto es lo que resulta con respecto á los países llanos. Por lo que hace á los montañosos, Saussure, en el Monte Blanco, y Bouguer y la Condamine en el Pichincha las observaron á 4.868 metros; Ramond, en el Monte Perdido, á 3.410, y en el Pico del Medio-

día á 2.935; es decir, que flotan á todas las alturas lo mismo que las otras. En el océano se hallan situadas generalmente entre 900 y 1.400 metros.

En las montañas, y sobre todo en las gargantas de los Alpes y de los Pirineos, es donde los relámpagos lanzan sus dardos más terribles y los truenos sus más espantosos bramidos, no pareciendo sino que sus redobles pavorosos se precipitan en cascadas á través de los abismos aterrorizados.

El relámpago abarca ordinariamente una extensión de muchos kilómetros, lo mismo cuando brota horizontalmente entre dos capas de nubes, que cuando se deja ver oblicuamente entre nubes de diferentes capas, ó entre éstas y la Tierra. Dicha longitud es la causa de que retumbe el trueno.

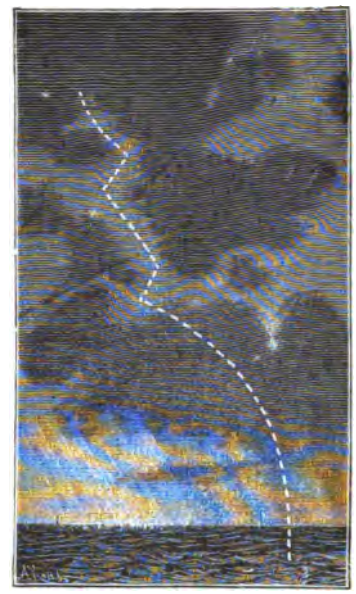


Fig. 94. - Relámpago de rosario

Y, en efecto, el trueno no es otra cosa sino el ruido que produce la chispa eléctrica al verificar un cambio de electricidades, una neutralización, entre dos puntos más ó menos apartados.

El ruido del trueno puede depender de muchas causas. La misma chispa, al atravesar instantáneamente el aire atmosférico, rechaza las moléculas que halla al paso, y produce un vacío momentáneo en el que se precipita en seguida el aire circundante, sucediendo lo mismo hasta cierta distancia. Pouillet ha combatido esta opinión, bastante natural, objetando que si tal fuese la causa del trueno, el paso de una bala de cañón debería producir un ruido análogo. La objeción no es justa, porque la bala no pasa de ser una tortuga al lado de la saeta del rayo. Además, el rumor del trueno puede resultar de que las nubes se dilaten por efecto de la tensión eléctrica que las hincha en cierto modo, las estira y las distiende en algunos puntos con bastante fuerza para que, si una chispa llega á brotar de la nube, el aire se precipite por todas partes hacia ellas, por no estar ya contenido por la fuerza expansiva del fluido eléctrico que le equilibraba. En esto puede reconocerse una causa del estampido del trueno y del aguacero que le sigue. Como los estados eléctricos de las diferentes nubes que forman una tempestad son solidarios entre sí, la descarga de una debe producir las de otras que se hallen más ó menos distantes. Sin embargo, así en uno como en otro caso, el ruido depende siempre de la expansión del aire donde acaba de resultar un vacío parcial, como sucede con las armas de fuego, con el rompevejigas, etc. Cuando uno se halla en el punto donde termina el rayo – que cae, según la expresión vulgar, – el ruido que se escucha no es prolongado, pareciéndose enteramente á un ca-

ñonazo, á un disparo de fusil ó de una pistola, según la intensidad. Uno de los caracteres particulares del trueno consiste en su *estampido*, imitado por el nombre con que se le designa en todas las lenguas: *tonnerre, tonitruum, brontê, thunder, donner, trueno,* etc.

Con frecuencia se ha tratado de averiguar á qué se debe el fragor, asaz prolongado á menudo, del trueno. Depende de muchas causas. Consiste la primera en la longitud del relámpago y en la diferencia de velocidad del sonido y de la

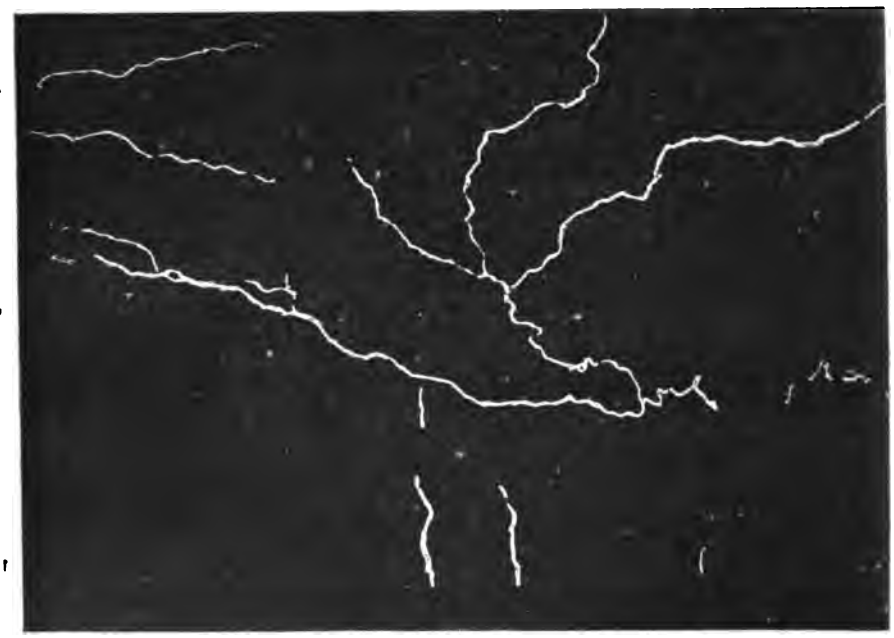


Fig 95. – Relámpago fotografiado el 26 de mayo de 1886

luz. Supongamos, por ejemplo, un relámpago horizontal AE, de 11.000 metros de longitud. (Cada kilómetro está representado en la fig. 96 por un centímetro.) El observador situado en O, debajo del extremo E del relámpago, que aparece á un kilómetro de altura, lo verá en toda su longitud en un momento indivisible, y en un momento también se formará el sonido en toda la línea del relámpago. Pero las ondas sonoras no llegarán al oído del observador sino á intervalos diferentes. La que parte del punto E, que es el más inmediato, llegará en 3 segundos, puesto que el sonido recorre 337 metros por segundo. La que se ha formado, en el mismo momento indivisible, en el punto D, á 2.000 metros de O, invierte doble tiempo en llegar. La procedente del punto C, á 4.000, emplea 12 segundos .... El sonido formado en B necesita para llegar el tiempo preciso para

recorrer 8 kilómetros, es decir, 23 segundos..... Por último, el sonido que sale de A no llegará hasta que hayan transcurrido 32 segundos; por consiguiente, el trueno habrá durado más de medio minuto hasta extinguirse por completo.

Si, lo que es más frecuente, el observador no se halla colocado en uno de los extremos del relámpago, sino en un punto cualquiera de su trayecto, oye primeramente el estampido, luego un aumento de ruido y después una diminución. En efecto, el sonido que en este caso parte de un punto D situado encima de

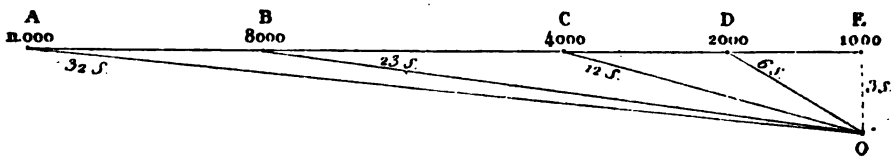


Fig. 96. – Duración del ruido del trueno

su cabeza, y á 1.000 metros de altura, tarda sólo tres segundos en llegar hasta él; pero los formados de D á E, por una parte, y de C á D, por otra, llegan al mismo tiempo, reuniéndose en el camino durante nueve segundos, tiempo necesario para recorrer de 1.000 á 3.000 metros. A partir de C, los sonidos llegan extinguiéndose por la distancia, como en el ejemplo precedente, habiendo durado el trueno 23 segundos en lugar de 32.

A esta causa de los ruidos prolongados del trueno debe añadirse el número

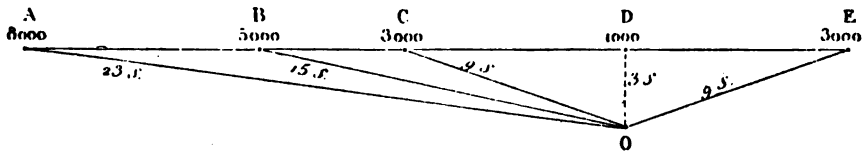


Fig. 97. - Principio, aumento y diminución de la intensidad del trueno

de las descargas que se suceden rápidamente entre las nubes tempestuosas – los ziszás y las ramificaciones de los relámpagos causados por la diferencia higrométrica de las diferentes capas de aire, – los ecos repetidos por las montañas, el suelo, las aguas y las mismas nubes, – á lo que debe añadirse aún las interferencias producidas por el encuentro de diferentes sistemas de ondas sonoras.

La duración del estampido del trueno es muy variable, como todos lo habrán notado. La mayor duración observada con respecto á un solo relámpago es la de 45 segundos.

La intensidad del trueno presenta variaciones asombrosas. En ciertos casos, las versiones de que hablaremos más adelante lo comparan al estruendo de *cien piezas de artillería disparadas á la vez*. En otros solamente se oye como un pistoletazo, y luego un redoble más ó menos apagado. A veces los estampidos se parecen al estridente rumor que se produce al desgarrar una tela de seda; otras

veces, al ruido de un carromato cargado de barras de hierro que vaya dando saltos y tropezones por el empedrado de una calle pendiente, etc.

El mayor intervalo que se ha advertido entre el relámpago y el trueno es el de 72 segundos. Este considerable número da 24 kilómetros de distancia para la nube. Se ha reconocido en virtud de averiguaciones directas que ninguna tormenta se extiende á más de 6 leguas, y rara vez á más de 3 ó 4. Los relámpagos se ven, pero no á tan considerable distancia, hecho tanto más curioso cuanto que el *rayo de los hombres* se percibe desde mucho más lejos. Un cañonazo se oye perfectamente á 10 leguas, y cuando se disparan con piezas de gran calibre, á doble distancia, pudiendo percibirse el cañoneo de los sitios de ciudades ó de grandes batallas hasta 30 leguas y aún más. Durante el sitio de París, los cañones Krupp – que habían merecido una recompensa del emperador de los franceses en la Exposición de 1867, y á los que consideran los hombres de Estado de nuestro planeta como el artificio más expedito de civilización – extendían sus formidables ecos hasta Dieppe, ciudad situada á 35 leguas de París. El cañoneo del 30 de marzo de 1814, que sirvió de coronamiento al primer imperio lo mismo que el anterior lo ha servido al segundo, se oyó en el distrito de Cassón, situado entre Lisieux y Caen, á 44 leguas de París. Arago cuenta también que el ruido del cañón de Waterloo se percibía hasta Creil, que está á 50 leguas de distancia.

Así pues, el rayo fabricado por la mano del hombre se deja oir mucho más lejos que el rayo de la naturaleza; en cambio es incomparablemente más perjudicial y produce mayor número de víctimas.

A lo manifestado en este conjunto de observaciones sobre el modo general de ser de los relámpagos y del trueno, podemos añadir que, á pesar de la extraordinaria rapidez, ó mejor dicho, de la instantaneidad de los primeros, se ha conseguido medir su duración y probar que no llega ¡á un *diezmilésimo de segundo!* Al efecto se toma un disco de cartón dividido desde el centro á la circunferencia en sectores blancos y negros. Este disco puede girar como una rueda, con tanta velocidad como se quiera. Es cosa sabida que las impresiones luminosas permanecen un décimo de segundo en la retina; por consiguiente, imitando un juego de niños que consiste en dar vueltas á un carbón hecho ascua, si se da cada vuelta en un décimo de segundo, como cada una de las posiciones sucesivas del carbón permanece dicho espacio de tiempo impresa en la retina, se verá un círculo continuo. Haciendo girar nuestro disco de rayas blancas y negras, no percibimos ya los sectores, y sí tan sólo un círculo gris, cuando cada radio pase por delante de nuestros ojos en menos de un décimo de segundo, pudiendo imprimirse á este aparato una rotación de cien vueltas por segundo y aún más. Esto sentado, si se ilumina nuestro círculo de una manera continua, no distinguiremos las líneas, puesto que se suceden en nuestra vista en menos tiempo del que dura la impresión producida por ellas en la retina. Pero si el círculo gira ante nosotros en la obscuridad, y le ilumina de pronto una luz instantánea que desaparece con la misma presteza, la impresión producida en nuestros ojos por cada

uno de los sectores durará menos de un décimo de segundo, será casi instantánea, y veremos el círculo *como si estuviese inmóvil.* Imprimiendo al aparato una rotación calculada, M. Wheatstone ha llegado á averiguar que el relámpago no dura un milésimo de segundo.

MM. Colladon y Dufour, de Lausanne, han hecho constar la existencia de relámpagos menos rápidos, durante la duración de los cuales se percibía la mutación de un disco que giraba, el movimiento de las ramas agitadas por el viento ó el de un tren en marcha. Es cierto también que muchas veces uno puede darse cuenta de la dirección del relámpago y que se distingue su punto de partida y el de llegada. En este caso, la duración del relámpago no es inferior á una décima de segundo.

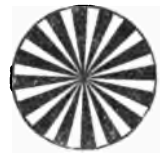


Fig. 98. – Medida de la duración del relámpago.

Como la luz recorre 300 kilómetros por segundo, invierte un instante absolutamente inapreciable para llegar desde el sitio donde brota un relámpago, que nunca pasa de algunas leguas. Por consiguiente, vemos el relámpago *en el mismo momento* en que se produce; pero el sonido, según hemos visto, se propaga muy lentamente, á razón de 337 metros por segundo, de lo cual resulta que no oiremos el ruido del trueno, que estalla al mismo tiempo que el relámpago, hasta que pasen diez segundos, si nos hallamos, por ejemplo, á 3.370 metros de la tempestad, y en su consecuencia cada cual puede calcular fácilmente la distancia que le separa de ésta por el espacio de tiempo que media entre el relámpago y el trueno.

Como el relámpago abarca una longitud de muchos kilómetros, puede suceder que el sitio donde va á parar el rayo esté muy lejos aún cuando se oiga el trueno inmediatamente después de aquél, porque el sonido que primeramente se percibe es el que parte de la extremidad del relámpago más inmediata. Esta es la causa de que el 27 de junio de 1866, durante una tormenta, M. Hirn oyera el trueno inmediatamente después de brillar el rayo, por más que éste fuese á herir á dos viajeros que se hallaban cobijados bajo un árbol á 5 kilómetros de distancia.

CAPITULO III

LOS ESTRAGOS Y FECHORÍAS DEL RAYO

Vamos á penetrar ahora en un mundo maravilloso, más encantado que e de las *Mil y una noches*, más profundo que el antro del Cerbero, más complicado que el laberinto de Creta, mundo inmenso y fantástico, para cuya descripción necesitaríamos un volumen tan grande por lo menos como este. Hasta aquí hemos tropezado con inmensas dificultades para reducirnos á entresacar los hechos más culminantes de la observación meteorológica, y para eliminar, bien á pesar nuestro, una multitud de datos y observaciones que hubieran dado á nuestros capítulos una extensión desmedida. Ahora las dificultades serán cada vez mayores, porque entre los *millares* de casos asombrosos debidos exclusivamente al rayo, ¿cuáles deberemos elegir con preferencia á otros?, ¿cuáles dejar resuelta é implacablemente á un lado? ¿Qué clasificación, qué método emplearemos para enumerar todas estas diversidades, y dar una idea exacta, que no peque de difusa, de los incomprensibles y pujantes esfuerzos que el sutil fluido eléctrico es capaz de realizar como si jugara y con la rapidez del relámpago?

Nada, absolutamente nada de cuanto puede inventar el ingenio del hombre es capaz de rivalizar con los inconcebibles contrastes y combinaciones mágicas del rayo. No parece sino que éste sea un ente sutil que participe á la vez de la fuerza inconsciente que vive en las plantas, y de la consciente que vive en los animales; es una especie de espíritu elemental, diestro, extravagante, maligno ó estúpido, perspicaz ó ciego, voluntarioso ó indiferente, que pasa de un extremo á otro, y que se distingue por un carácter único y aterrador, insondable y mudo. Con él no cabe explicación alguna. Es un ser misterioso, que jamás se da á partido: *obra*, y nada más. No hay duda de que sus acciones, por más que parezcan personales y caprichosas, están sometidas, como las nuestras, á leyes superiores invisibles; pero hasta ahora no ha sido posible adivinar la causa que las dirige. Aquí, mata y pulveriza en el acto á un hombre, sin que en su traje, respetado por él, se advierta la menor señal de desaliño, ni la más ligera quemadura. Allí, desnuda enteramente á una persona que se ve de repente envuelta en el deslumbrante fulgor del relámpago, y la deja enteramente en cueros sin causarle el menor daño ni el más insignificante arañazo. Más lejos arrebata las monedas sin tocar el bolsillo de su dueño; en otra parte, se lleva los dorados de una araña para depositarlos en las molduras que adornan un salón; acá, descalza á un viajero y

hace que sus botas vayan á parar á diez metros de distancia, mientras que en la aldea próxima horada por el centro una pila de platos, pero no todos, sino de dos en dos alternativamente..... ¿Es posible acaso establecer un orden donde hay tanta variedad?

Para formar un cuadro tan completo como sea posible de todas las curiosidades del rayo, escogeremos un número determinado de casos entre los más culminantes, y los clasificaremos por analogía, distribuyéndolos según sus formas y sus caracteres distintivos y reuniendo los que ofrezcan entre sí grandes puntos de contacto.

El único mérito que debe tener la galería de cuadros eléctricos que presentamos aquí es la exactitud; por consiguiente, seremos sobrios en comentarios, y dejaremos que los hechos se presenten por sí mismos tal como han ocurrido. No le faltarán al lector suficientes motivos de reflexión después de leer cada una de estas relaciones.

Uno de los efectos más terribles del rayo es sin la menor duda el de matar instantáneamente á una persona, dejándola en la misma posición que tenía cuando estaba viva, y quemándola al mismo tiempo de un modo tan absoluto que la consume enteramente. El caso siguiente es una prueba de ello.

Durante una horrorosa tormenta que estalló en 1838 en Vic-sur-Aisne, tres soldados se cobijaron bajo un tilo. Cae un rayo y los mata instantáneamente del mismo golpe; sin embargo, los tres *se quedaron de pie*, en su situación primitiva, como si el fluido eléctrico no les hubiese tocado; sus vestidos estaban intactos. Cuando cesó la tempestad, los vieron algunos transeuntes, se acercaron á hablarles, y como no obtuvieran respuesta, los tocaron, y *entonces cayeron convertidos en un montón de cenizas*, enteramente pulverizados. (A. Poey.)

Este caso no es único, sino que se tiene noticia de otros muchos semejantes á él; los antiguos habían advertido ya que las personas muertas por el rayo caían reducidas á polvo. He aquí ahora otro sucesc de carácter diametralmente opuesto.

El 29 de junio de 1869, el alcalde de Pradette (Ariege) tuvo la desgraciada idea de resguardarse de la tempestad debajo de un álamo muy alto. Estalla el rayo algunos momentos después, hiende el árbol y mata á aquel individuo; mas por uno de esos caprichos raros é inexplicables, le desnuda enteramente y esparce en torno suyo las diferentes prendas de su traje hechas jirones, con excepción de un zapato.

El 11 de mayo de 1869 un labrador de Ardillats estaba trabajando con sus dos bueyes, á poca distancia de su habitación, hacia las cuatro de la tarde; el tiempo estaba pesado y el cielo cubierto de negros nubarrones. De pronto brilla el rayo, y atravesando la nube hiere al labrador y á sus bueyes. Este desgraciado fué completamente desnudado por el rayo y sus zuecos fueron lanzados á 30 metros de distancia.

El 1.° de octubre de 1868, durante una tempestad, siete personas se habían re-

fugiado bajo una enorme haya, cerca del pueblo de Bonello, en la municipalidad de Perret (Côtes-du-Nord), cuando de pronto el rayo cayó sobre este árbol y mató á una de ellas. Las otras seis personas fueron echadas al suelo sin resultar gravemente heridas. Los vestidos del muerto quedaron convertidos en diminutos jirones, muchos de los cuales fueron encontrados pegados á las ramas del árbol.

El 11 de agosto de 1855 alcanzó un rayo á un hombre en un camino cerca de Vallerois (Alto Saona), dejándole completamente despojado de sus ropas. No se pudo encontrar más que algunos pedazos de sus borceguíes, una manga de camisa y varios jirones del traje. Diez minutos después de la descarga, recobró los sentidos, abrió los ojos, se quejó de frío, y preguntó por qué estaba desnudo. A pesar de sus heridas no murió.

Uno de los ejemplos más curiosos de esta especie es el siguiente referido por Morand:

En cierta ocasión un rayo hizo trizas la ropa y el calzado de una mujer que en aquel momento estaba vestida de hombre, lanzando los jirones á cinco ó seis pies de distancia, de suerte que en el estado de desnudez en que aquélla se encontraba, tuvieron que envolverla en una sábana para trasladarla á la aldea más inmediata.

Hay ocasiones en que las prendas de ropa, aun las que estén más ceñidas al cuerpo, quedan abrasadas, rotas, agujereadas ó desgarradas sin que padezca detrimento alguno la superficie de la piel. Otras hay en que ésta se quema sin que sufra nada la ropa.

Un hombre sacó todo el costado derecho quemado, desde el brazo hasta el pie, como si hubiera estado mucho tiempo tendido en un brasero; y á pesar de esto, el fuego respetó su camisa, sus calzoncillos y el resto de su traje. (Sestier).

T. Neale cita el caso de un hombre á quien un rayo le quemó las manos hasta el hueso, sin tocar los guantes que tenía puestos en ellas.

Otro hombre se quedó con el traje hecho *polvo* sin que presentara en la superficie de su cuerpo ninguna señal de la acción del fluido, excepto una ligera marca en la frente. (Howard.)

Por lo común, los vestidos arden sin llama; otras veces los devora un verdadero fuego encendido por el rayo.

Sucede á veces que se queman las ropas interiores y quedan intactas las exteriores, de lo cual hay muchos ejemplos.

Otras veces, y esto es lo más singular, lo único que se quema es el forro, mientras que la tela exterior no sufre nada.

Las prendas de ropa y el calzado quedan á veces *descosidos* como con la mano.

Ejemplo: el 18 de junio de 1872, en la Grande-Forestière, cerca del pequeño Creusot (Saône-et-Loire), el pantalón de un herido por el rayo fué descosido de arriba á abajo en sus cuatro costuras, y sacados los zapatos.

Se ha notado que algunas personas muertas de este modo no presentan la menor lesión. Es lo que los antiguos habían ya observado, como se ve en este pasaje de Plutarco: «El rayo los ha herido de muerte sin dejar sobre ellos ninguna señal ni de golpes, ni de herida, ni de quemadura; su alma ha huído de miedo lejos de su cuerpo, como el pájaro que huye de su jaula.»

En muchos casos, las personas heridas por un rayo mortalmente ó de poca gravedad, se han quedado enteramente calvas; los cabellos, la barba, el vello, todo ha desaparecido, ya en el acto, ó ya algunos días después.

El doctor Gaultier de Claubry, alcanzado cierto día por un globo de fuego eléctrico, cerca de Blois, se quedó sin barba en tales términos que no le volvió á salir. Tuvo una enfermedad sumamente extraña, de cuyas resultas estuvo á las puertas de la muerte; se le hinchó la cabeza hasta el extremo de medir ¡metro y medio de circunferencia!

Un hombre que, según parece, era muy velludo, habiendo sido alcanzado por el rayo, cerca de Aix, éste le arrancó los pelos del cuerpo por surcos, desde el pecho hasta los pies, los arrolló en pelotones y los incrustó profundamente en la pantorrillas. (Sestier.)

Ante una variedad de acción como esta, es difícil asignar reglas á la marcha del rayo. Sin embargo, aun cuando el efecto sea instantáneo, es posible á veces seguir su curso con el auxilio de los jalones metálicos que elige con preferencia, examinando las peripecias de un caso como el siguiente, por ejemplo, que es uno de los que más ruido han metido entre las tempestades de 1869: la muerte del capitán Lacroix, ocurrida el 7 de mayo en su tienda del campamento de Chalóns.

La lluvia caía á torrentes en el momento de estallar el rayo (las 7 y 53 minutos de la tarde). No se advirtió la catástrofe hasta la mañana siguiente. El cadáver estaba tendido, con el rostro vuelto hacia el cielo y la mano derecha crispada oprimiendo contra el pecho un candelero de metal. En el sitio donde estaban los pies veíanse en el suelo rastros circulares que indicaban claramente que el capitán, de pie y vuelto hacia la puerta, había caído de espaldas dando traspiés. Vestía pantalón de uniforme y levita de paisano, y cubría su cabeza un quepis con tres galones. La tienda estaba cerrada, y la puerta de tela sujeta con hebillas interior y exteriormente.

Según se podía deducir de las huellas observadas, el camino recorrido por la electricidad fué el siguiente: bola de hierro de la cúspide de la tienda; teja mojada cuyo surco podía seguirse, hebilla exterior, cabeza del capitán y quepis, reloj, cuerpo, portamonedas y cama de hierro.

La hebilla de la tienda fué á parar á treinta pasos de distancia; en la frente del difunto se veía una herida que presentaba la forma de dicha hebilla; el quepis quedó completamente quemado y los galones deshilachados, y fundidas las soldaduras de la cama de hierro.

El reloj se paró en el mismo momento; en el guardapolvo se veía una huella de fusión de milímetro y medio de diámetro.

Los hilos telegráficos son muy buenos conductores de la electricidad durante las tormentas. Se ha observado en varias ocasiones que los pajarillos posados en ellos se quedaban suspendidos de los mismos, muertos repentinamente y agarrados con sus pequeñas patas fuertemente comprimidas. Se han visto los hilos telegráficos hechos pedazos en una gran extensión y diseminados por los caminos, y los aparatos de las estaciones inutilizados ó incapaces de transmitir un despacho. Las verjas de hierro y los alambres de las espalderas son también excelentes conductores que se recargan fácilmente de electricidad, ofreciendo verdaderos peligros el colocarse cerca de ellos.

En el mes de junio de 1869 un fraile fué herido del rayo en el monasterio de Ycourmont, territorio de Forges, cerca de Chimay. (Bélgica).

Era después del mediodía, los religiosos estaban ocupados en el henaje; sobreviene una tempestad que les obliga á buscar un abrigo. Uno de ellos, que dirigía la guadañera mecánica movida por dos caballos, condujo el tiro á un cercado de alambre y se arrodilló de cara al enrejado. Al momento repercutió un horrible trueno; los caballos huyeron despavoridos; el fraile quedó de cara al suelo. Los otros, que le vieron caer, corrieron hacia él y le encontraron cadáver. Enviado á buscar el médico del monasterio, notó sobre el cuerpo de la víctima dos quemaduras largas y profundas, de forma idéntica y dispuestas simétricamente á cada lado del pecho; hizo notar además á las personas presentes una mancha blanca en el sobaco derecho formando la imagen bien distinta de un tronco de árbol con su ramaje.

Las corrientes de aire, las vibraciones y los metales preparan al rayo un camino preferido por él, siendo una cosa evidente en teoría, y así lo ha demostrado la práctica, que es muy perjudicial la costumbre de tocar las campanas durante la tormenta. Lejos de ahuyentar el rayo y de echarlo hacia los pueblos inmediatos, como se cree, las campanas le invitan, por decirlo así, á bajar cuanto antes.

Un sabio alemán afirmaba en 1783 que, en el espacio de treinta y tres años, el fluido eléctrico había caído en trescientos ochenta y seis campanarios, matado á ciento veintiún campaneros y herido á muchos más. No cabe duda que es mucho más imprudente ponerse en comunicación con la cuerda de un campanario, sobre todo cuando se tañen las campanas, que guarecerse debajo de los árboles elevados que atraen el rayo.

He aquí algunos de los efectos del rayo más funestos por el número de personas muertas:

Un día de fiesta solemne, el rayo penetró en una iglesia cerca de Carpentras; *cincuenta* personas fueron muertas, ó heridas, ó se volvieron estúpidas. (Fort. Lintilius.)

A bordo de la balandra *Sapho*, en febrero de 1820, *seis hombres* fueron muertos por un rayo y *catorce* gravemente heridos. (Sestier.)

El 11 de julio de 1819, hacia las once de la mañana, el rayo penetró en la

iglesia de Chateaunef-les-Moustiers (Bajos-Alpes) cuando estaba reunida en su interior una numerosa asamblea. *Nueve* personas fueron muertas por la descarga eléctrica y otras *ochenta y dos* quedaron heridas. Todos los perros que estaban en la iglesia fueron encontrados muertos.

A bordo del navío *Repulse*, cuando navegaba por las costas de Cataluña, en 13 de abril de 1813, el rayo mató *ocho* hombres é hirió gravemente á *nueve*, de los cuales murieron muchos. (Sestier.)

El 22 de octubre de 1844, en Sauve (Gard), *ocho* hombres fueron muertos por una misma descarga.

El 27 de julio de 1789, hacia las tres de la tarde, el rayo, en forma de una bala de cañón del calibre más grande, cayó en la sala de espectáculos de Feltri (Marca Trevisana), donde estaban reunidas más de seiscientas personas, hirió *setenta*, mató á *seis* y apagó todas las luces.

El 12 de julio de 1887, en Mount-Pleasant (Tennessee, Estados Unidos), el rayo mató á *nueve* personas que durante una tempestad se habían refugiado bajo una encina. Estas personas formaban parte de un cortejo que conducía una negra á su última morada.

El 27 de agosto de 1867 cayó una horrible tempestad por los alrededores de Limours (Seine-et-Oise.)

Durante muchas horas el trueno resonó sordamente, luego de pronto se percibieron gran número de detonaciones formidables y el rayo cayó en muchos lugares casi simultáneamente. Eran las diez y media próximamente. Una familia de Cernay-la-Ville, compuesta de cuatro personas, padre, madre, hija é hijo de veintidós años, estaba ocupada en la recolección de la mies cuando la nube eléctrica los envolvió. Espantados, procuraban agazaparse bajo las gavillas, cuando brilla el rayo, y pasa por encima del padre, que cae sin sentido, si bien vuelve en sí al cabo de un cuarto de hora. No sucedió así, por desgracia, con el hijo, que cayó para no levantarse más. La madre y la hija no fueron heridas.

La catástrofe fué señalada con estas bizarrías que con frecuencia acompañan al meteoro eléctrico. En efecto, el cuerpo del desgraciado joven quedó casi del todo desnudo por efecto del rayo. Los pedazos de sus vestidos, y especialmente sus zapatos, fueron encontrados á gran distancia. El terrible agente de destrucción, después de haber recorrido la columna vertebral, salió por los pies, que presentaban dos pequeñas llagas que parecían hechas con sacabocados. El rayo penetró luego en la tierra removiéndola profundamente.

En casa de un individuo citado por M. de Quatrefages, los calcetines fueron destrozados en mil pedazos; un zapato fué levantado y trasladado al otro extremo de la sala, y dos clavos fueron encontrados clavados en el techo, mientras que otro, siguiendo opuesta dirección, había penetrado profundamente en el talón del herido.

Los objetos que se llevan en la mano á veces son arrebatados y lanzados á lo lejos.

Un vaso que tenía un bebedor fué arrebatado de sus manos y lanzado á un patio sin ser roto y sin que el bebedor fuera herido. A un joven que cantaba la Epístola, le fué arrancado de las manos y hecho trizas el misal. Dos señoras hacían media tranquilamente, pasa el rayo y les arrebata las agujas. Un criado llevaba una horquilla de hierro sobre sus espaldas, el rayo se la arroja á cincuenta metros, retorciendo sus dos ramas de acero en sacacorchos con una exactitud matemática, etc., etc.

El 22 de julio de 1868 en Gien (Nievre) una mujer que hacía aspersiones con agua bendita durante la tempestad, vió de pronto rota por el rayo entre sus manos la botella.

El 28 de junio de 1885, cayó un rayo sobre la cúpula del observatorio de Juvisy, que entonces no estaba provisto de pararrayos, arrancó con violencia inaudita un enorme trozo de encina de un ángulo de construcción, lo redujo á correhuelas, lo lanzó á lo lejos y hundió uno de sus pedazos en la bisagra de una ventana, detrás del quicio, en un espacio entre el quicio y la montura que no mide aún un milímetro, y todo sin romper el cristal.

En otros casos se ve al rayo partir á un hombre en dos, como de un hachazo.

El 20 de enero de 1868, cayó un rayo en Groix, sobre el molino de viento de Kerlard. El joven molinero fué herido mortalmente. De la cabeza á los pies estaba como separado en dos.

Los periódicos ingleses de los días 24 y 25 de mayo de 1868 cuentan que la tempestad que descargó sobre París después del mediodía del 22 había pasado sobre Epsom por la mañana. En dicho punto dos espectadores estaban en un carruaje descubierto. Un rayo partió en dos la cabeza del uno y asfixió á su compañero, si bien pudo recobrar pronto los sentidos.

Con una energía bizarra, frecuentemente son arrebatados por el rayo los calzados sin que el que recibe la descarga sea por esto mortalmente herido.

El 29 de mayo de 1867, una mujer sufrió una descarga eléctrica durante una tempestad; no fué herida, pero sufrió extrañas conmociones. Su gorro fué quemado y un lado de su cabeza tan bien rasado, como si se le hubiera afeitado. Penetrando luego bajo sus vestidos, el fluido recorrió el cuerpo por entero, no produciendo más que ligeras escoriaciones sin quemar la camisa. Los zapatos fueron reducidos á pedazos sin que los pies sufrieran lo más mínimo.

De todos los efectos del rayo, uno de los más extraordinarios es el de dejar al hombre ó al animal en la *misma actitud* en que le ha sorprendido tan repentina muerte, de lo cual se citan numerosos ejemplos.

El pastor Butler ha sido *testigo* del caso siguiente, que refiere así: El 27 de julio de 1691, diez segadores de Everdon se resguardaron bajo un haya al acercarse una tempestad. Estalló el rayo y mató á cuatro, que quedaron inmóviles y como petrificados. A uno de ellos se le encontró conservando aún entre los dedos un polvo de rapé que iba á tomar. Otro tenía un perrillo muerto en las rodillas y la mano puesta sobre la cabeza del animal; en la otra mano tenía un pedazo

de pan, en actitud de dárselo; un tercero estaba sentado, con los ojos abiertos y la cabeza vuelta hacia el lado de la tempestad.

Cardán refiere que mientras almorzaban ocho segadores debajo de una encina murieron todos á la vez heridos por un rayo, cuyo estampido se oyó desde lejos. Cuando se acercaron los transeuntes para ver lo que había sucedido, parecía que aquellos infelices, petrificados repentinamente por la muerte, continuaban su almuerzo con toda tranquilidad.

Uno tenía un vaso en la mano, otro se llevaba el pan á la boca, un tercero metía la mano en el plato. La muerte les había sorprendido á todos en la postura que tenían al estallar el rayo. La catástrofe fué tan rápida que el rostro no tuvo tiempo de tomar una expresión dolorosa; suspendióse con tal prontitud la vida, que los músculos quedaron en la misma situación que tenían: los ojos y la boca continuaban abiertos, y si el color de la piel no hubiese variado, la ilusión habría sido completa; hubiérase creído que en aquellos cadáveres palpitaba aún la vida, causando sorpresa su incomprensible inmovilidad.

La mayor parte de aquellos segadores tenían la piel ennegrecida como si los hubiese ahumado la acción de la electricidad.

Por lo común, las personas muertas por un rayo caen instantáneamente y sin agitarse. Hoy está plenamente averiguado, en virtud de un gran número de observaciones, que el hombre herido por el fluido eléctrico de modo que pierda en el acto el conocimiento, cae *sin haber visto, oído ni sentido nada;* de suerte que los que vuelven en sí no saben absolutamente nada de lo que ha pasado, ni comprenden por qué se encuentran tendidos en el suelo ó en un lecho. La electricidad es más veloz que la luz y mucho más que el sonido; la vista y el oído se paralizan antes que la luz ó el sonido hayan podido ejercer alguna impresión en ellos.

Cítanse numerosos ejemplos de personas á quienes el rayo dejó en la misma actitud en que estaban, pero también hay otros enteramente opuestos.

El 8 de julio de 1839, cayó un rayo en una encina cerca de Triel (Seine-et-Oise) y tocó á dos obreros canteros, padre é hijo. Este quedó muerto rígido, fué levantado y transportado á 23 metros de distancia.

El cirujano Brillouet, sorprendido por una tempestad cerca de Chantilly, fué levantado por un rayo y transportado como una masa por el aire para ser depositado á veinticinco pasos del lugar donde estaba.

El 2 de agosto de 1862 cayó un rayo sobre el pararrayos del pabellón de entrada del cuartel de Príncipe Eugenio, en París. Era el momento en que los soldados se metían en cama. Todos los que ya estaban acostados se encontraron en pie, mientras que los que estaban levantados fueron echados al suelo.

Algunas veces el cuerpo de los heridos por el rayo queda flexible después de la muerte como durante la vida. El 17 de septiembre de 1780 estalló una violenta tempestad en East-Burn (Gran Bretaña). Un cochero y un lacayo fueron muertos. «Aunque sus cuerpos quedaron sin sepultar del domingo al martes,

(dice el observador), todos sus miembros eran tan flexibles como los de las personas vivas. (Sestier.)»

Algunas veces el cadáver es rígido como el hierro y guarda su rigidez. El 30 de junio de 1854 un carretero de treinta y cinco años fué herido del rayo en París. Al día siguiente, el doctor Sestier vió su cadáver en la Morgue: estaba rígido y se movía todo en una pieza; al segundo día, cuarenta y cuatro horas después de la muerte, esta rigidez era aún más marcada. Hace algunos años que en el distrito Hectomare (Eure) el rayo hirió á un hombre llamado Delabarre, quien tenía un pedazo de pan en la mano. La contractibilidad de los nervios fué tan fuerte, que se hizo imposible arrancárselo.

Algunas veces, en fin, al contrario de todo esto, el cadáver de los heridos del rayo se ablanda y descompone rápidamente en medio de un olor inaguantable. El 15 de junio de 1794, el rayo hirió á una mujer en un salón de baile en Dribourg. El cadáver exhaló rápidamente un olor de putrefacción singular. Apenas si el médico pudo examinarlo sin peligro de perder el sentido. Los habitantes de la casa se vieron obligados á marchar treinta y seis horas después de la muerte, tan penetrante era el mal olor. Casi no pudo enterrarse el cadáver, puesto que caía á pedazos.

Todos estos casos son extraños, inexplicables. Pero ¿cómo calificaremos los siguientes, las señales impresas por el fluido eléctrico en la carne de las personas á quienes mata, la Keraunografía, como se la ha llamado, los efectos del *Rayo fotógrafo*? Y, sin embargo, podemos citar un gran número de casos en que están auténticamente probadas las impresiones fotográficas debidas á las manos de la electricidad de las nubes.

Hemos visto más arriba un caso relativo á dichas impresiones: el de la hebilla de una tienda marcada en la frente del capitán muerto en el campamento de Chalóns el 7 de mayo de 1869, por más que aquella hebilla estuviese en la parte exterior de la tienda y situada á 8 ó 10 centímetros, y por más que se encontrara luego á veintitrés pasos de la misma, en dirección contraria. Tan anómala circunstancia se debió sin duda á un transporte eléctrico de vapores ó de polvos de acero, efectuado instantáneamente en el momento de caer el rayo, entre la hebilla y la frente del herido.

He aquí otros ejemplos más terminantes:

En el mes de agosto de 1869, en Neuf-Brisach fueron muertos por el rayo dos hombres y una mujer que estaban bajo un álamo. Uno de ellos tenía sobre la mejilla una fotografía muy fácil de reconocer de la corteza del árbol.

El 29 de mayo de 1868, se desencadenó una espantosa tormenta en Chambery, en el momento en que el regimiento número 47 estaba haciendo ejercicio de fuego en las Charmettes. Mientras una parte de los soldados continuaban disparando, otros muchos se guarecieron debajo de los árboles que hay á orillas del camino. Apenas habían llegado á ellos, cuando el rayo, cayendo en un castaño, derribó á seis soldados. Herido mortalmente uno de ellos, sucumbió al cabo

de un cuarto de hora después de haber pronunciado algunas palabras. El médico del hospital de Chambery examinó el cadáver á las dos horas, y descubrió en él imágenes fotoeléctricas.

En el miembro superior derecho se veían tres grupos de hojas de un color rojo-violáceo más ó menos obscuro, reproducidos en sus menores detalles con la más perfecta fidelidad fotográfica. El primero, situado en la parte media de la cara anterior del antebrazo, representaba una rama prolongada, provista de hojas de castaño; el segundo parecía formado por dos ó tres ramas reunidas, y estaba hacia la mitad del brazo; el tercero aparecía en el centro del hombro.

Los periódicos correspondientes á marzo de 1867 han reproducido el siguiente caso, copiándolo de la prensa inglesa: Tres muchachos se habían cobijado bajo un árbol; estalla el rayo, y cae en el árbol, describiendo alrededor de él una serie de círculos. Los niños, asustados al pronto, se reanimaron, y vieron que uno de ellos presentaba en uno de sus costados la imagen perfecta del árbol bajo el cual se habían refugiado. La fotografía era tan perfecta, que se distinguían fácilmente las hojas y las fibras de las ramas.

El *Wiener Nachrichten* refiere un hecho análogo, pero realzado por una casualidad muy notable.

En 1865, el doctor Derendinger, médico de las inmediaciones de Viena, regresaba á su casa por el ferrocarril. Al apearse del tren, echó de ver que le faltaba su portamonedas, que sin duda le habían robado. Aquel portamonedas era de concha, y en una de sus chapas llevaba la cifra del doctor, dos D entrelazadas, incrustadas en acero.

Algún tiempo después llamaron al doctor para auxiliar á un extranjero, al que habían encontrado sin sentido debajo de un árbol, víctima de un rayo. Lo primero que vió el doctor en el paciente fué su cifra como fotografiada en la piel del muslo. ¡Júzguese cuál sería su admiración! Merced á sus cuidados, el enfermo volvió á la vida, siendo trasladado al hospital. Una vez allí, el doctor manifestó que entre la ropa de aquél debía de haber un portamonedas de concha, como así resultó: el individuo herido por el rayo era el ladrón.

Al alcanzarle el fluido, había sido atraído por el metal del portamonedas, y fundiendo la cifra incrustada, dejó impresa su huella en el cuerpo por uno de esos efectos tan extraños como conocidos.

El 4 de septiembre de 1864, tres hombres estaban ocupados en recoger peras cerca de la villa de Nibelle (Loiret), cuando cayó un rayo, retorció el árbol en forma de tornillo y mató á uno de los hombres. Los otros dos recobraron el conocimiento, y uno de ellos llevaba sobre su pecho daguerreotipadas muy distintamente las ramas y hojas del peral.

A estas fotografías producidas por el rayo podríamos añadir los otros veinticuatro casos reunidos por nuestro consocio el astrónomo A. Poey; podríamos mencionar con Raspail que, habiendo sido herido por el rayo un niño mientras cogía un nido sobre un álamo, quedó sobre su pecho el dibujo del *nido* y

del *pájaro;* citar el ejemplo de Mme. Morosa, de Lugano, quien, sentada cerca de una ventana durante una tempestad, tuvo de repente, como complemento de una conmoción, una flor perfectamente dibujada sobre su pierna, la cual no se borró jamás; contar la historia de aquel marino herido del rayo en la rada de Zante (Islas Jónicas) y que recibió sobre el pecho la fotografía del número 44 que estaba sujeto á uno de los aparejos del barco; pero nosotros nos limitaremos á completar estos extraños efectos con este que impresionó singularmente á fines del siglo XVII.

El 18 de julio de 1689 cayó un rayo sobre el campanario de la iglesia de San Salvador en Lagny, é imprimió sobre la toalla del altar las sagradas palabras de la consagración, empezando por: *Qui pridie quam pateretur.....*, hasta las últimas: *Hæc quotiescumque fecieritis, in mei memoriam facietis*, omitiendo las mismas palabras de la eucaristía: *Hoc est corpus meum*, é *Hic est enim*, etc. Este texto estaba impreso de derecha á izquierda. El canon del altar que lo contenía estaba caído sobre la toalla, y había sido reproducido, á excepción de las palabras omitidas, que estaban impresas en tinta roja. La fotografía nos ayuda hoy día para comprender esta reproducción.

A la fotografía por medio del rayo podemos añadir la *galvanoplastia* por el mismo agente, y el transporte de metales en mayor ó menor cantidad.

Durante una terrible y magnífica tempestad que estalló en Nantes el 25 de julio de 1868, hallábase M. P., antiguo contador de marina, en el muelle de Flesselles, cerca del puente del Erdre. Aceleró el paso, y de pronto se vió envuelto en un reámplago muy vivo, á pesar de lo cual continuó su marcha sin sentir ninguna molestia. Llevaba un portamonedas que en una de sus divisiones contenía dos monedas de plata y en la otra una de oro de diez francos. Cuando abrió al día siguiente el portamonedas, se quedó sumamente sorprendido al encontrar una moneda blanca en lugar de la de oro. Al pronto, creyó que se había equivocado, pero examinando más detenidamente las monedas, vió que la indicación de su valor estaba intacta. Una capa de plata substraída de la moneda de un franco recubría las dos caras de la de diez: la primera aparecía ligeramente mermada, particularmente en el bigote del jefe del Estado, y estaba algún tanto azulada. M. Bobierre, químico, reconoció en este fenómeno el resultado de una acción galvanoplástica. Lo más curioso del caso es que el transporte de la plata á una superficie de oro se efectuó *á través de la piel* que formaba las dos divisiones del portamonedas.

En otros casos se ve al rayo llegar á una casa, seguir los dorados de las cornisas, de los cuadros, levantarlos con limpieza para ir á dorar objetos que no estaban destinados á recibir semejante ornamentación. El 15 de marzo de 1773 recorrió en Nápoles los departamentos de lord Tylnez, quien tenía recepción aquella noche. Estaban presentes más de quinientas personas; sin herir á ninguna el rayo, levantó limpiamente el dorado de las cornisas, de las varillas de las tapicerías, de los sillones y de las puertas.....

El 4 de junio de 1797 cayó un rayo en el campanario de Philippshofen, en Bohemia, y separó el oro del cuadrante para ir á dorar el plomo de una ventana de la capilla.

Un hombre fué gravemente quemado por el rayo, el año 1783, en el Delfinado; los nudos corredizos de oro de su bolsa fueron en parte fundidos, y el metal transportado sobre una de las hebillas de sus zapatos, en forma de perlas perfectamente esféricas.

Al lado de esta curiosa fusión de perlas de oro puede ponerse la siguiente, que es verdaderamente formidable.

El 20 de abril de 1807, una descarga eléctrica tocó el molino de viento de Great-Marton, en Lancashire. Una gruesa cadena de gierro que servía para levantar el trigo debió ser, si no fundida, á lo menos reblandecida considerablemente. En efecto, los anillos, siendo estirados de arriba hacia abajo por el peso inferior, se unieron, se fundieron, de manera que después de caído el rayo la cadena estaba convertida en una verdadera barra de hierro. (Arago.)

He aquí, por contraste, un procedimiento de fusión de exquisita delicadeza, consignado por Boyle en sus obras.

Dos grandes vasos, del todo semejantes, estaban uno al lado de otro sobre una mesa. Cae el rayo y se dirige tan exactamente sobre los vasos que parece que pasó entre ellos. Con todo, no se rompió ninguno; el uno quedó ligeramente alterado; el otro fué doblado tan fuertemente por un reblandecimiento instantánéo, que apenas podía sostenerse sobre su base.

A veces hay producción de calor fantástico. El 4 de julio de 1883, en Tarbes, la barra de un pararrayos de veintiséis metros fué enrojecida en una longitud de un metro durante algunos minutos. El 3 de junio del mismo año, en Alby (Alta Saboya), el rayo tocó un alambre que sostenía una vid y le siguió hasta la casa, donde pegó fuego.

Al contrario, en julio de 1783, en Campo Sampiero Castello (Padouan) el rayo cayó en un edificio lleno de heno, que tenía las ventanas guarnecidas de vidrios, y fundió éstos sin incendiar el heno.

El 5 de julio de 1883, en Buffón (Cote-d'Or), un rayo fundió un pendiente de la oreja de una mujer, sin que ella fuese herida.

Al lado de estas sutilezas tenemos hechos monstruosos como éstos:

En el castillo de Clermont, en Beauvaisis, existía un muro legendario, formidable, de diez pies de espesor, del tiempo de los romanos, según la tradición, y cuyo mortero, endurecido como la misma piedra, apenas permitía su demolición. «Un día, dice Nollet, cae un rayo y forma instantáneamente un agujero de diez pies de profundidad por otros tantos de anchura, lanzando los materiales á más de cincuenta pies de distancia.»

En marzo de 1818, en Plymouth, un abeto de más de cien pies de elevación y catorce de circunferencia, objeto de admiración en toda la comarca, desapareció, literalmente hecho astillas. Algunos fragmentos fueron lanzados á doscien-

tos cincuenta pies de distancia. Una encina de 25 metros de altura recibió un rayo, en Thury, el 25 de agosto del mismo año; se la arrancó para examinarla con cuidado, y se observó que las capas concéntricas de la madera se desprendían las unas de las otras como los tubos de un anteojo.

Pero ¿hay algo más terrible que los efectos del rayo cuando cae en ciertos buques? Citaremos el de uno hendido literalmente por la mitad.

El 3 de agosto de 1852, una deshecha tempestad sorprendió al buque *Moisés*, frente á Malta, en su travesía de Ibraila á Queenstown. A eso de la media noche, cayó un rayo en el palo mayor, lo recorrió, y pasando al cuerpo de la embarcación, la dividió por en medio, haciéndola zozobrar inmediatamente. La tripulación y los pasajeros perecieron; mas el capitán Pearson, que estaba sobre cubierta, tuvo tiempo de agarrarse á un madero flotante, y así permaneció diez y siete horas. El buque se hundió en tres minutos.

A principios del siglo actual, hallándose el navío *Royal-Charlotte* en Diamond Farbour, en el río Hoogley, voló en mil pedazos por haber caído un rayo en el pañol de la pólvora. La detonación se oyó desde muy lejos, y la conmoción se extendió á muchas millas de distancia.

El 18 de agosto de 1769 cayó otro en la torre de San Nazario, en Brescia. En los sótanos de dicha torre había almacenado un millón de kilogramos de pólvora, pertenecientes á la República de Venecia. La torre entera, lanzada á los aires, volvió á caer convertida en una lluvia de piedras... Derrumbóse una parte de la ciudad y perecieron tres mil personas.

Tal es la poderosa energía del rayo. Y sin embargo, con toda su pujanza, algunas veces se divierte benignamente, como vamos á verlo y á terminar de paso este capítulo:

El 29 de agosto de 1791, dice el abate Spallanzani, hallábase en un prado cierta aldeana joven, durante una tormenta, cuando de repente apareció á sus pies un globo de fuego del tamaño de dos puños. Deslizándose por el suelo, llegó aquel pequeño rayo esférico hasta sus pies desnudos, los acarició, se introdujo por debajo de la saya, salió por el corpiño, conservando siempre la forma globular, y se lanzó al aire con estrépito. En el momento en que aquel globo de fuego penetró por debajo de las faldas de la joven, ensancháronse éstas como un paraguas abierto. La aldeana cayó de espaldas, acudiendo inmediatamente á socorrerla dos testigos de aquel caso. ¡No había sufrido el menor daño! Unicamente al reconocerla un médico observó en su cuerpo una erosión superficial que se extendía desde la rodilla derecha hasta el centro del pecho, entre los senos; la camisa había quedado destrozada en toda la parte correspondiente. Advirtióse además un agujero de dos líneas de diámetro que atravesaba de parte á parte el corpiño *(pettorina del busto)*. *Opusc.*, tomo XVI, pág. 296.

El 12 de julio de 1872 vióse otro ejemplo de un *rayo en forma de bola* en el distrito de Hecourt (Oise). Durante la tormenta, cayó en un lecho una bola de fuego del tamaño de un huevo: y aunque se hicieron varios esfuerzos para apagarla, no

NAVÍO HENDIDO EN DOS POR EL RAYO

pudo conseguirse, ardiendo al poco rato la casa entera, las habitaciones inmediatas y las granjas vecinas.

Estos casos de *rayos en forma de bola* son auténticos. Es probable, sin embargo, que ciertas descargas eléctricas, vistas de lejos, simulen la forma globular aun cuando no sean más que simples relámpagos. Por ejemplo, el 2 de julio de 1871, hallándose mi hermano Ernesto Flammarión en Ruán, bajo el peristilo del Palacio de Justicia, se vió rodeado, juntamente con algunos amigos, por un vasto relámpago de forma circular que pareció elevarse violentamente del suelo en el momento de estallar el trueno, yendo á parar á uno de los pararrayos del edificio. A lo lejos se creyó ver un enorme globo de fuego que se precipitaba desde al suelo hasta la nube; pero desde cerca no era más que un relámpago. Tal vez dependa el rayo globular de un fenómeno de electrización por influencia, á causa de no tener la electricidad del suelo una tensión constante y suficiente para reunirse á la de la nube, y aguardar para esto un cambio de condiciones.

El 9 de octubre de 1885, á las 8 y 25 minutos de la noche, durante una violenta tempestad, en una casa de Constantinopla ocupada por una familia que se encontraba en la mesa, se vió un globo de fuego, del tamaño de una manzana pequeña, penetrar por la ventana abierta; este globo rozó un mechero de gas; después, dirigiéndose á la mesa, pasó por entre dos convidados, dió la vuelta á una lámpara central suspendida sobre la mesa, y en fin se precipitó á la calle, donde estalló con un ruido espantoso, sin haber hecho ningún desperfecto, ni herido á nadie. No lejos del teatro de este fenómeno existen edificios provistos de numerosos pararrayos. No se percibió ningún olor durante el fenómeno.

El 24 de abril de 1887, estalló una tempestad sobre Mortrée (Orne), y el rayo destrozó literalmente el hilo telegráfico del camino de Argentán en una extensión de 150 metros: los pedazos estaban de tal modo calcinados que parecían haber sido sometidos á un fuego de forja; algunos, los más largos, estaban doblados y sus ramas soldadas entre sí. El rayo penetró por la puerta de un establo, bajo la forma de una bola de fuego, y llegó cerca de una persona que se preparaba á ordeñar una vaca; después pasó tranquilamente por entre las piernas del animal y desapareció sin ocasionar ningún desperfecto. Mas la vaca, espantada, se levantó dando horribles mugidos, y su dueño se salvó enloquecido del todo; por otra parte, no había sufrido ningún mal.

Fenómeno absolutamente inexplicable: en el preciso momento en que el rayo atravesaba el establo, cayeron gran cantidad de piedras incandescentes delante de una casa vecina. «Algunos de estos fragmentos, del tamaño de una nuez, escribía á la Academia el ministro de Comunicaciones, son de una materia muy poco densa, de un blanco grisáceo y que se aplasta fácilmente entre los dedos, produciendo un olor de azufre bien característico. Los otros, más pequeños, tienen el aspecto del cok.»

El hecho más curioso de esta tempestad es seguramente la caída de estas pequeñas piedras. Hasta el presente se escuchaban con una sonrisa de incredulidad

las relaciones de los paisanos que pretendían haber visto caer aerolitos durante las tempestades, á los que llamaban «piedras de rayo» ó bien uranolitos. Los hechos de la naturaleza del precedente nos invitan á ser menos desdeñosos y menos exclusivistas. Sin duda estas substancias no tienen ninguna relación con los verdaderos uranolitos; mas con todo, lo cierto es que existen realmente y que la materia ponderable puede acompañar la caída del rayo. Podemos citar otros ejemplos.

En el mes de agosto de 1885 estalló una tempestad sobre Sotteville (Saen

Fig. 99. – Rayo en forma de bola, atravesando una cocina y una granja

Inferior); los relámpagos surcaban el cielo, rugía el trueno y la lluvia caía á torrentes. De pronto se vió caer en la calle de Pedro Corneille gran número de pequeñas bolas del tamaño de un garbanzo ordinario, que, al tocar el suelo, quemaban dejando escapar una pequeña llama violada. Se contaron más de veinte, y uno de los espectadores, habiendo querido poner el pie sobre una de ellas, produjo una nueva llama. No dejaron ninguna señal en el suelo.

En el mes de julio de 1885, al día siguiente de la caída de un rayo en la administración telegráfica de la estación de Savigny-sur-Orge, yo mismo recogí sobre los montantes de madera del aparato un polvo negro de un olor sulfuroso, que el rayo había dejado. Aquello era ciertamente un transporte de substancia por la electricidad.

El 10 de agosto de 1883, en Nevers, cayó el rayo sobre una chimenea. En el lugar donde tocó se encontró una *piedra negra* del tamaño del puño, extremadamente ligera, pareciendo una esponja.

El 25 de agosto de 1880, en París, durante una tempestad muy violenta, M. A. Trécul, del Instituto, vió en pleno día salir de una nube obscura un cuerpo luminoso, muy brillante, ligeramente amarillo, casi blanco, de forma algo alargada, teniendo en apariencia $0^m,35$ á $0^m,40$ de largo por cerca $0^m,25$ de ancho, con los dos extremos brevemente atenuados en cono.

Este cuerpo sólo fué visible durante algunos instantes; desapareció, pareciendo entrar en la nube; mas, al retirarse, abandonó una pequeña cantidad de su substancia, que *cayó verticalmente como un cuerpo grave*, como si estuviera bajo la sola influencia de la pesantez. Dejó detrás de sí un reguero luminoso, en los bordes del cual se percibían chispas, ó mejor, glóbulos rojizos, pues su luz no centelleaba. Cerca del cuerpo que caía, el rastro luminoso estaba casi en línea recta (vertical), mientras que en la parte superior era sinuosa. El pequeño cuerpo se divisó durante su caída y se extinguió poco después cuando estuvo cerca de desaparecer detrás de las casas. A su partida y en el momento de su división no se percibió ningún ruido, con todo y no estar alejada la nube.

Estos hechos denotan incontestablemente la presencia de una *materia ponderable*. ¡Cuántos misterios por explicar aún!

CAPÍTULO IV

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS TEMPESTADES. ESTADÍSTICA DEL RAYO

Siendo las tempestades la manifestación más brillante y ruidosa de la electricidad atmosférica, compréndese que estallen en los países cálidos con más frecuencia que en los fríos, y que su número y su densidad disminuyan del ecuador á los polos.

En ninguna parte se presentan las tempestades con tanta fuerza como en los trópicos. Según los relatos de todos los viajeros, en nuestros países no es fácil formarse una idea aproximada de su violencia; habiéndolas casi diariamente en la región de las calmas, que por esta causa podría llamarse con propiedad región de las tempestades eternas.

La mayor parte de las veces van unidas á los grandes movimientos atmosféricos que hemos indicado en el capítulo de los ciclones. Las tempestades, los huracanes, los tifones se presentan rodeados de todas las manifestaciones de la electricidad, desarrollan en grande escala este elemento profusamente difundido por todas partes, y van despidiendo á su paso los centelleos del relámpago y las detonaciones del trueno. Las tempestades de nuestros países no son las más de las veces sino las consecuencias de los ciclones del Atlántico, efectuándose generalmente su marcha de SO. á NE.

A medida que se avanza hacia las altas latitudes de las regiones polares disminuyen las tempestades, como lo prueba el que el promedio de los días de tempestad en Calcuta es de 60, en Maryland (Estados Unidos, 39° de latitud) de 40, en el Canadá (Quebec, 46° latitud) de 20, en Tolón de 15, en París de 12, en Londres y San Petersburgo de 9, y en el Spitzberg de 0 ó poco menos.

Hay, sin embargo, excepciones, como ya lo hemos visto al tratar de la distribución del calor y de la de las lluvias: así, por ejemplo, parece que en Lima, ciudad situada en las regiones tropicales, no truena nunca; y en cambio, en Noruega se cuentan tantos días de tronada como en París.

Durante el verano es cuando más tormentas hay en nuestros climas. Su proporción, por lo que toca á toda la Europa occidental, es de 53 en verano, de 21 en otoño, de 18 en primavera, y de 8 en invierno. Si, alejándose de las costas, se considera exclusivamente el interior de Europa, vese que la proporción es de 78 en verano, de 16 en primavera, de 6 en otoño y de 0 en invierno. No sucede

lo mismo á medida que se avanza hacia los polos; pues allí, las sinuosidades de las costas, las numerosas penínsulas, las corrientes marítimas, y los hielos variables, introducen al parecer diversos elementos de irregularidad. En Bergen, por ejemplo, hay más tormentas en invierno que en verano, muy pocas en otoño y casi ninguna en la primavera. Sin ir más lejos, obsérvase que en la misma Inglaterra descargan más granizadas en invierno que en verano.

Las tempestades se extienden con frecuencia á una considerable parte de Francia y algunas veces la atraviesan en toda su extensión, en una línea más ó menos larga. Entre los numerosos mapas construídos en el Observatorio, uno de los más instructivos es, entre otros, el del 9 de mayo de 1865. Con él se sigue fácilmente la marcha de la tempestad de hora en hora, desde el Mediodía al Norte de Francia. Hemos ya hablado de esta larga y notable tempestad en el capítulo del granizo. Acompañaba una fuerte borrasca que atravesó la Francia del Oestesud-oeste al Nortenordeste, y cuyo centro de depresión tocaba el extremo oriental de Inglaterra el día 9 por la mañana. Las grandes tempestades, por ejemplo la del 15-16 de agosto de 1887, que cayó sobre Burdeos y Perigneux á las diez de la noche y pasó por los alrededores de París á las tres de la mañana, siguen esta misma dirección de Sudsudeste al Nortenordeste.

A menudo sucede que se engendran ó toman cuerpo en el continente tormentas secundarias: en este caso no se extienden á un gran número de departamentos; tienen su origen en nubes menos elevadas que las precedentes, sufren la influencia de las desigualdades del terreno, y se aferran á las montañas ó siguen el curso de los ríos y de los valles, sobre los que descargan copiosas granizadas, según hemos visto.

Las tormentas desempeñan generalmente una función útil y reparadora en el sistema orgánico terrestre: limpian la atmósfera y el suelo, disipan los miasmas, renuevan la electricidad, hacen circular el oxígeno, distribuyen el ozono, y rejuvenecen la naturaleza. Las tormentas son en realidad sacudidas violentas, pero saludables, como las que á veces necesitamos los humanos para sacudir nuestro marasmo y sobrexcitar nuestra vida. Una vez alejada la tempestad, y aun cuando á su paso haya desgajado ramas y sembrado de hojas el suelo, el bosque perfumado sonríe al cielo puro y sereno, y exhala balsámicos olores que nunca son tan intensos ni tan puros como después de una lluvia de tormenta.

La acción saludable de las tormentas en meteorología no debe, sin embargo, hacernos olvidar los accidentes funestos, entre los cuales hemos observado tan curiosas singularidades en el capítulo anterior. Muy al contrario, estamos en el caso de averiguar cuál es el número de víctimas causadas por el rayo.

¿Cuántas personas mata anualmente el fluido eléctrico?

El ministerio de Justicia registra anualmente el número de defunciones causadas por el rayo desde 1835 hasta la fecha. El doctor Boudín ha tomado una nota de ellas en dicho departamento hasta 1863, y yo la he continuado hasta el día.

He aquí el resultado:

ESTADÍSTICA DE LOS MUERTOS POR EL RAYO EN FRANCIA

AÑOS	Número de individuos muertos por el rayo.	AÑOS	Número de individuos muertos por el rayo.	AÑOS	Número de individuos muertos por el rayo.
1835. . .	111	1852. . .	184	1869. . .	112
1836. . .	59	1853. . .	50	1870. . .	118
1837. . .	78	1854. . .	52	1871. . .	117
1838. . .	54	1855. . .	96	1872. . .	108
1839. . .	55	1856. . .	92	1873. . .	117
1840. . .	57	1857. . .	108	1874. . .	178
1841. . .	59	1858. . .	80	1875. . .	112
1842. . .	73	1859. . .	97	1876. . .	94
1843. . .	48	1860. . .	51	1877. . .	106
1844. . .	81	1861. . .	101	1878. . .	100
1845. . .	69	1862. . .	100	1879. . .	86
1846. . .	76	1863. . .	103	1880. . .	147
1847. . .	108	1864. . .	87	1881. . .	101
1848. . .	79	1865. . .	140	1882. . .	94
1849. . .	66	1866. . .	136	1883. . .	143
1850. . .	77	1867. . .	119		
1851. . .	54	1868. . .	156		4689

Se ve que en ciertos años el número de muertos por el rayo es considerable: 184 en 1852, 178 en 1874, 156 en 1868, etc.

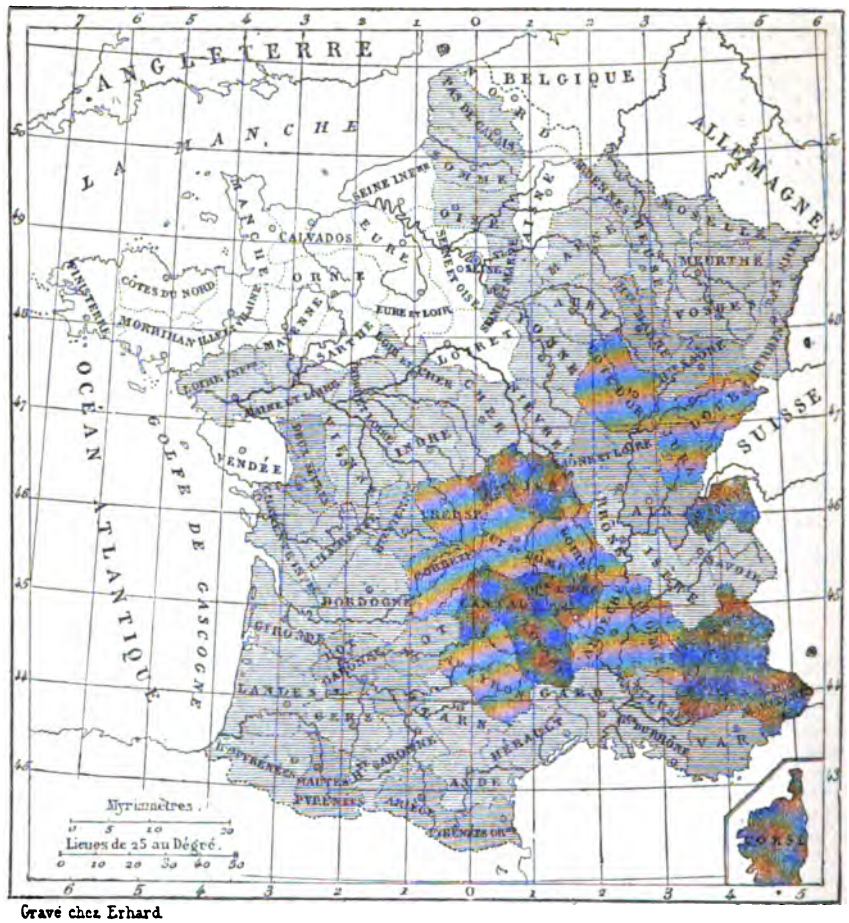
Examinando los hechos del rayo, se ha notado que no hay igualdad de accidentes para los hombres y las mujeres, y que hay un privilegio en favor del sexo femenino. Desde el año 1854 se ha tenido cuidado de distinguir los sexos en esta estadística. He aquí los casos por separado:

AÑOS	Sexo masculino	Sexo femenino	AÑOS	Sexo masculino	Sexo femenino
1854. . .	38. . .	14	1869. . .	85. . .	27
1855. . .	72. . .	24	1870. . .	89. . .	29
1856. . .	64. . .	28	1871. . .	79. . .	38
1857. . .	84. . .	24	1872. . .	74. . .	34
1858. . .	58. . .	22	1873. . .	73. . .	44
1859. . .	65. . .	32	1874. . .	127. . .	51
1860. . .	36. . .	15	1875. . .	77. . .	35
1861. . .	66. . .	35	1876. . .	69. . .	25
1862. . .	74. . .	26	1877. . .	79. . .	27
1863. . .	80. . .	23	1878. . .	70. . .	30
1864. . .	61. . .	26	1879. . .	58. . .	28
1865. . .	81. . .	59	1880. . .	112. . .	35
1866. . .	99. . .	37	1881. . .	78. . .	23
1867. . .	80. . .	39	1882. . .	71. . .	23
1868. . .	117. . .	39	1883. . .	106. . .	37

Esta lista nos ofrece 2.322 hombres muertos, por 947 mujeres; es decir, hay más del doble de hombres muertos por el rayo que de mujeres, de dos á tres veces más. Los datos tomados en otros países dan próximamente el mismo resultado. Se han imaginado diferentes causas para explicar esta galantería del rayo, naturaleza del ser viviente, electricidad orgánica, temperatura de la carne, vesti-

dos, etc. Sin duda es debido simplemente á que hay menos mujeres que hombres expuestas en los trabajos del campo.

También se ha advertido que el rayo parece tener cierta predilección por de-



Gravé chez Erhard

Fig. 100. – Distribución de las caídas de rayos en Francia por departamentos (El color es proporcional á los riesgos)

terminados edificios, objetos y aun personas. No es raro ver ciertos puntos, ciertos edificios y aun ciertas personas heridos muchas veces. Cuando en un punto ha caído un rayo, es con frecuencia á causa de su situación ó de su influencia relativamente á la conductibilidad eléctrica. Y estas mismas influencias continúan obrando.

Por último, se ha observado también que el hombre es menos accesible á la

fulguración que los animales. Los caballos guiados por un conductor, los rebaños de bueyes y de ovejas son muertos con más frecuencia que los hombres.

Parece asimismo que el rayo manifiesta cierta preferencia por determinadas especies de árboles.

Los antiguos creían que el laurel preservaba del rayo. El haya ha gozado hasta ahora en nuestros países de la reputación de ser inaccesible á dicho fluido, pero esta creencia no es del todo exacta, como vamos á ver.

Entre los numerosos hechos y efectos del rayo que vengo recopilando hace años, he reunido 165 apuntes de especies de árboles, que se clasifican del modo siguiente, con arreglo al número de rayos caídos en cada una de ellas:

54 encinas.	6 hayas.	2 manzanos.	1 robinia-seudo-acacia.
24 álamos.	5 fresnos.	1 serbal.	1 naranjo.
14 olmos.	4 perales.	1 moral.	1 olivo.
11 nogales.	4 cerezos.	1 aliso.	0 abedul.
10 abetos.	3 catalpas.	1 acacia.	0 arce.
7 sauces.	3 castaños.	1 higuera.	
6 pinos.	2 tilos.	1 ébano de los Alpes.	

Puede observarse que la altura de los árboles no es la causa esencial de que caiga en ellos el rayo con más ó menos frecuencia, y el cuadro que precede da lugar á creer que influye mucho en ello la esencia misma del árbol; y si no, ¿cómo es que los olivos, los morales, los abedules, los arces, tan numerosos en ciertas comarcas, apenas sienten sus efectos? La altura de los árboles desempeña cierto papel; porque es indudable que si hay muchos de ellos agrupados en medio de una llanura, el rayo caerá sobre los más elevados, como lo prueban numerosos ejemplos. El aislamiento de los árboles, la elevación del terreno, su situación con relación á la tempestad, la naturaleza del suelo y la forma del follaje y de las raíces son circunstancias que ejercen una notable influencia en los efectos del rayo y en su tendencia á caer sobre los árboles, y con preferencia sobre aquellos cuyas raíces son profundas y salientes á la vez.

En el Atlas anual del Observatorio de París he publicado las cartas estadísticas de los accidentes causados por el rayo en Francia. La figura 100 representa la distribución *proporcional* de los que han sido mortales: está formada dividiendo la población por el número de personas muertas desde 1835 hasta la fecha.

CAPITULO V

FUEGO DE SAN TELMO Y FUEGOS FATUOS

El fuego de San Telmo consiste en una manifestación lenta de la electricidad, en una emanación ligera y pacífica, como la del hidrógeno en un mechero de gas, que lanza suaves destellos en las puntas más elevadas de los pararrayos, de los edificios y de las embarcaciones, durante las tempestades en que las nubes producen una fuerte tensión eléctrica terrestre.

Séneca escribía hace ya dos mil años que cuando hay fuertes tormentas suelen posarse algunas estrellas en las velas de los buques, añadiendo que los marinos que estaban en peligro de perecer creían que las benéficas divinidades Cástor y Pólux acudían en su socorro. Léese en Tito Livio que el venablo con que Lucio armó á su hijo al entrar á servir en el ejército, despidió llamas por espacio de dos horas sin consumirse. En el momento en que la flota de Lisandro salía del puerto de Lampsaco para acometer á la ateniense, aparecieron los fuegos de Cástor y Pólux á ambos lados de la galera del almirante lacedemonio. Los antiguos consideraban estos meteoros luminosos como presagios, y los historiadores los consignaban cuidadosamente en sus escritos. Había, sin embargo, una llama, que tenían por una señal amenazadora, y llevaba el nombre de Helena. Los fuegos dobles presagiaban buen tiempo y felices empresas. «Las gentes de mar, dice el hijo de Cristóbal Colón, tienen por seguro que cuando aparece *San Telmo*, ha pasado el peligro de la tempestad. Durante el segundo viaje del almirante, en una noche de octubre de 1493, tronaba y llovía á cántaros, cuando apareció San Telmo en el mastelero de juanete con siete cirios encendidos. Al ver tan maravillosa aparición, los tripulantes dieron las más fervorosas gracias al cielo.» Herrera refiere que los marineros de Magallanes tenían la misma supersticiosa creencia. «Durante las grandes tempestades, dice, San Telmo se presentaba en la punta del mastelero de juanete, unas veces con una luz encendida, y otras con dos. Aquellas apariciones eran acogidas con aclamaciones y lágrimas de alegría.» El párrafo siguiente, tomado de las memorias de Franklin, presenta un ejemplo del mismo fenómeno con circunstancias extraordinarias. Sucedió en 1696, á la altura de las Baleares. «La noche se puso de pronto profundamente obscura, dice, con relámpagos y truenos espantosos. Previendo la terrible tempestad que nos amenazaba, hice cargar todas las velas. Al poco rato vimos en el navío más de *treinta fuegos de San Telmo*, y entre ellos uno de más de pie y medio de altura

situado en la punta de la grimpola del palo mayor. Hice que un marinero subiera *á cogerlo*, y cuando estuvo arriba, dijo que aquel fuego producía un ruido semejante al de la pólvora que se enciende después de haberla mojado. Le mandé que quitara la grimpola y bajara, pero tan luego como la sacó de su sitio, el fuego se posó en la punta del palo mayor, sin que fuese posible quitarlo de allí; subsistió así mucho tiempo y se fué apagando poco á poco.»

El fuego de San Telmo aparece casi siempre en los buques y no pasa casi un año sin que se observe en un punto ú otro del Océano.

El fuego de San Telmo aparece también en los campanarios.

El 8 de junio de 1886, hacia las diez de la noche, se observó en Gratz (Estyria) un fuego de San Telmo, que se produjo durante un fuerte chubasco que cayó sobre la villa; no le acompañaba ningún fenómeno tempestuoso, aunque no obstante se había declarado una tempestad algunas horas antes. El fuego de San Telmo afectaba la forma de una lengua de fuego puntiaguda, y fué visible durante mucho tiempo desde muy lejos, en la extremidad de la cruz que corona la torre de la iglesia de Santa María. La llama estaba inmóvil, y era de un color rojizo y de unos 50 centímetros de altura; se acortó por momentos y de súbito desapareció.

En Brück (Carintia) se observó, el 2 de junio del mismo año, un fenómeno similar. Caía una tempestad á unos 3 ó 4 kilómetros de la villa cuando se vió aparecer una luz violada sobre la cruz de la torre de la catedral. Esta llama en algunos instantes, cerca de nueve minutos, se agrandó poco á poco hasta conseguir la longitud del brazo; al mismo tiempo estaba animada de rápidos movimientos y su color pasaba del violado al blanco resplandeciente. En el centro de la llama se distinguía un núcleo rojizo obscuro, que desapareció poco después. No iba acompañada de ningún ruido, ó cuando menos, si lo había, la distancia impedía percibirlo. A cada trueno, esta llama era rechazada hacia el suelo, y luego gradualmente tomaba su primera posición.

En los alrededores de la misma villa de Brück, en Poleaschnig en Johannesberg, el 13 de agosto de 1883 se observó un fuego de San Telmo bastante curioso. Apareció de pronto en la cima de un techo cubierto de rastrojo, en la forma de una llama de larga base, parecida á la de un gran foco de gas; su color era blanco y tenía movimiento. Los habitantes de la casa, llenos de emoción, creyeron que se había pegado fuego en el granero; trajeron escaleras y un criado subió; pero cuando avanzó la mano para separar el fuego, éste se extinguió súbitamente con gran ruido, y el criado recibió una fuerte sacudida en el brazo que le instruyó al mismo tiempo acerca de la naturaleza del fenómeno. En el lugar donde había aparecido la llama no se observó ninguna señal de combustión.

Se han observado muchas veces los penachos luminosos de la electricidad en la aguja de Nuestra Señora de París, durante ciertas tormentas de verano.

Los fuegos de San Telmo aparecen á veces sobre el hombre mismo, sobre sus vestidos y sobre los objetos que lleva en la mano.

Julio César cuenta que en el mes de febrero, á eso de la segunda vigilia de la noche, se presentó de repente un nubarrón que desprendió una lluvia de piedras, apareciendo al poco rato inflamadas las puntas de las picas de la quinta legión.

Según Procopio, vióse un fenómeno semejante en las lanzas y picas de los soldados de Belisario en su guerra contra los vándalos.

Fig. 101. – Fuego de San Telmo en la aguja de Nuestra Señora de París

Tito Livio dice que las picas de algunos soldados en Sicilia y un bastón que llevaba en la mano un jinete parecieron incendiarse y las cotas de armas lanzaron numerosos y fúlgidos destellos.

Cuando, en 1769, durante una violenta tempestad, aparecieron brillantes penachos sobre la cruz del campanario de Hohen-Gebrachim, dos vecinos que acudieron para extinguir el fuego que les parecía iba á prender en el campanario, quedaron tan sorprendidos como espantados al ver su cabeza cubierta de fuego y luz.

El 8 de mayo de 1831, después de la puesta del sol, cuándo la atmósfera estaba cargada y anunciaba una violenta tempestad, en Argel, se vió en la extremidad de los mástiles de un pabellón una luz blanca en forma de penacho, que persistió durante media hora. Los oficiales de artillería y de ingenieros se paseaban sobre la azotea del castillo Bab-Azoun, y cada uno, mirando á su vecino, notó con admiración que las extremidades de sus cabellos estaban del todo erizadas de pequeños penachos luminosos. Si levantaban las manos, se formaban también penachos en la punta de sus dedos.

En algunos casos se ha presentado el fuego de San Telmo en forma de llamas, y otras veces se ha visto todo el cuerpo de un hombre radiante de luz.

Peytier y Hosard se han visto envueltos muchas veces en los Pirineos en focos de tempestad tan formidables que desde la llanura se les creía perdidos. Otras veces, sus cabellos y las borlas de sus gorras se enderezaron, esparciendo una viva luz acompañada de un silbido pronunciado. En 1786, Letestu per-

maneció una noche en su globo por espacio de tres horas en medio de una tormenta; su navecilla se llenaba de nieve y de granizo, y los dorados de su bandera despedían destellos.

Al desprenderse la electricidad del suelo para pasar á la Atmósfera ocurren á veces fenómenos singulares, entre otros una especie de *zumbido* eléctrico en la cumbre de las montañas.

M. Enrique de Saussure se encontraba con algunos turistas en la cumbre del pico Sarley (3.200 metros de altura), cerca de Saint-Moritz, en los Grissons, el día 22 de junio de 1867, hacia la una de la tarde. Los ascensionistas habían atravesado una lluvia de granizo y acababan de apoyar sus bastones herrados contra una roca, para disponerse á comer, cuando M. de Saussure sintió en el dorso, en las espaldas, un dolor muy vivo, como el que produciría un alfiler hundido lentamente en la carne.

Suponiendo, dice, que mi pardesú de tela contenía alfileres, me lo saqué; mas, lejos de encontrarme aliviado, sentía que los dolores aumentaban, ocupando todo el dorso de una espalda á la otra; iban acompañados de cosquilleos, de punzadas dolorosas, como las que habría podido producir una avispa que se hubiera paseado sobre mi piel acribillándome de pinchazos. Sacando mi segundo paletó, no descubrí nada que pudiera herir mis carnes.

El dolor, que persistía siempre, tomó entonces el carácter de una quemadura. Sin reflexionar otra cosa, me figuré, sin poderlo explicar, que mi camisa de lana se quemaba. Iba, pues, á echar el resto de mis vestidos, cuando llamó nuestra atención un ruido que semejaba las ondulaciones de una campana. Eran nuestros tres bastones que, apoyados en la roca, *cantaban* con fuerza, produciendo un ruido análogo al de un perol cuya agua está á punto de hervir. Todo esto duró cuatro ó cinco minutos.

Al instante comprendí que mis sensaciones dolorosas provenían de una corriente eléctrica muy intensa que se efectuaba por la cumbre de la montaña. Algunas experiencias improvisadas sobre nuestros bastones no dejaron ver ninguna chispa, ningún resplandor apreciable de día. Vibraban con fuerza en la mano y daban un sonido muy pronunciado; tanto si se les tenía verticalmente, con la punta de hierro hacia arriba ó hacia abajo, como horizontalmente, las vibraciones eran idénticas, pero no se escapaba ningún ruido del suelo.

El cielo se había puesto gris en toda su extensión, aunque desigualmente cubierto de nubes. Algunos minutos después sentí cómo se levantaban mis cabellos y los pelos de mi barba, haciéndome sentir una sensación análoga á la que resulta de pasar una navaja á seco sobre pelos rígidos. Un joven que me acompañaba exclamó, que él sentía cómo se levantaban los pelos de su naciente bigote y que de encima de sus orejas partían corrientes muy fuertes. Levantando la mano, yo sentía corrientes no menos pronunciadas que se escapaban de mis dedos. En resumen, la electricidad se escapaba de nuestros bastones, vestidos, orejas, cabellos y de todas las partes salientes de nuestro cuerpo.

Se oyó un solo trueno muy lejano hacia el Oeste. Abandonamos la cumbre de la montaña con cierta precipitación, y descendimos unos cien metros. A medida que avanzábamos, nuestros bastones vibraban menos intensamente poco á poco y nos detuvimos cuando su sonido fué lo bastante débil para no ser percibido más que acercando la oreja.

El mismo observador ha sido testigo de otro caso de desprendimiento de electricidad por la cima de las montañas, cuando visitó, hace muchos años, el Nevado de Toluca, en Méjico; y en este punto el fenómeno tenía más intensidad aún, puesto que accaeía en los trópicos y en una altitud de cerca de 4.500 metros.

El desprendimiento de la electricidad por las rocas culminantes suele tener lugar cuando el cielo está cubierto de nubes muy bajas que envuelven sus cimas pasando á muy corta distancia por encima de ellas, y este desprendimiento modera la tensión eléctrica lo bastante para impedir que se forme el rayo.

En la noche del 11 de agosto de 1854, y hallándose M. Blackwell de observación en los Grands-Mulets (altitud 3.455 metros), el guía F. I. Coutet salió de la choza á las once y vió las crestas de las montañas despidiendo llamas. Comunicó en seguida su observación á sus compañeros, los cuales quisieron cerciorarse del hecho y vieron efectivamente que en virtud de un fenómeno de electricidad producido por la tempestad, cada una de las eminencias peñascosas de los alrededores parecía iluminada. Sus vestidos estaban literalmente cubiertos de chispas, y cuando levantaban los brazos, se les ponían los dedos fosforescentes.

La nieve no es contraria á estos efectos; por lo menos esto es lo que resulta de los detalles siguientes: El 10 de julio de 1863, M. Watson, acompañado de otros muchos viajeros y guías, visitaba el desfiladero del Jungfrau. La mañana había estado, magnífica, pero al acercarse á aquella garganta, la caravana se vió sorprendida por un fuerte ventarrón mezclado de granizo.

Retumbó un espantoso trueno, y poco después, M. Watson oyó una especie de silbido que salía de su bastón; aquel ruido se parecía al que hace una cafetera cuya agua en ebullición lanza con violencia el vapor al exterior. Hicieron alto, y observaron que los palos así como las hachas de que cada cual iba provisto emitían un rumor parecido. Estos mismos objetos, metidos en la nieve por uno de sus extremos, continuaron produciendo tan singular silbido. De pronto uno de los guías se quitó el sombrero, gritando que se le quemaba la cabeza; y, en efecto, tenía los cabellos erizados como los de una persona á quien se electriza con una máquina de mucha potencia: entonces todos sintieron picazón y cierta sensación de calor en el rostro y en las demás partes del cuerpo. M. Watson tenía los cabellos tiesos y rígidos; el velo que otro viajero llevaba en el sombrero se levantó verticalmente, y se percibía el silbido eléctrico en las extremidades de los dedos cuando los agitaban.

La misma nieve emitía un sonido análogo al que produciría una fuerte gra-

nizada. A pesar de esto, no se observó el más insignificante fulgor, el cual no hubiera dejado de percibirse seguramente durante la noche.

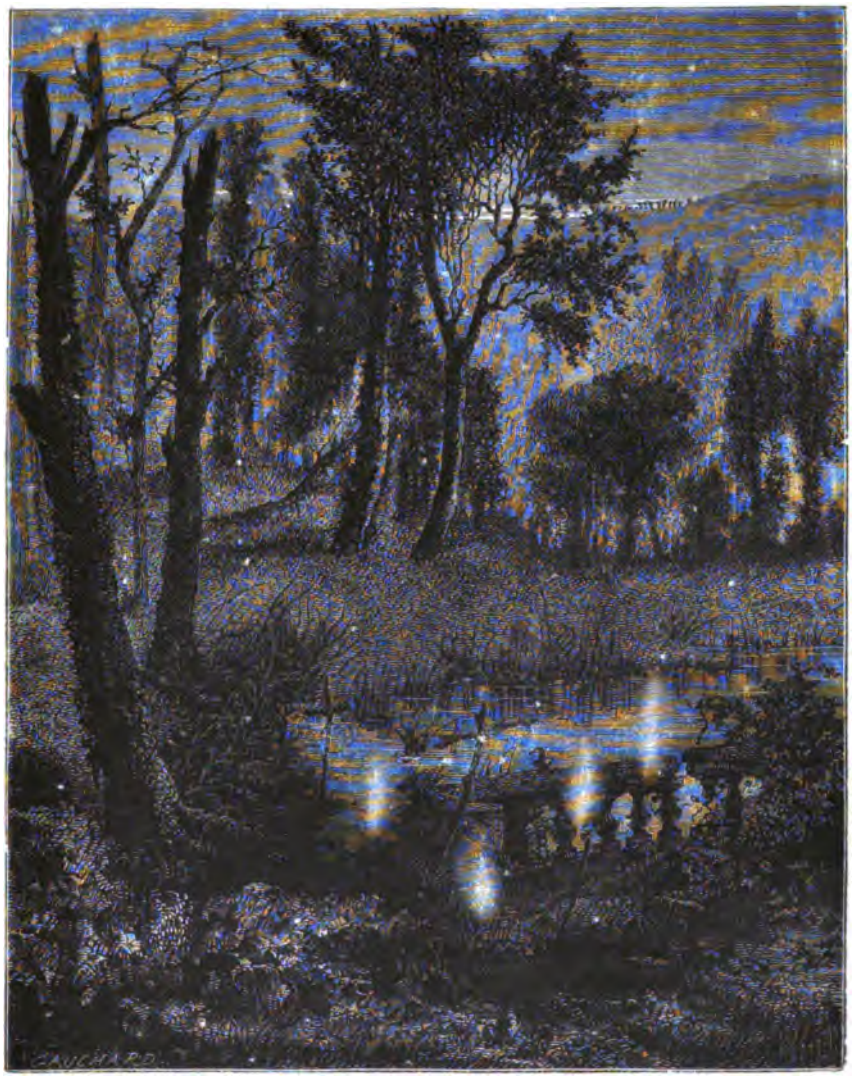


Fig. 102. – Fuegos fatuos de los Federados (Issy, junio de 1871)

Estos diversos fenómenos se deben únicamente á los desprendimientos de electricidad. No hay que confundir los fuegos de San Telmo con otras luces que ofrecen una gran semejanza con ellos: tales son los *fuegos fatuos*, que no tienen la electricidad por causa.

El fuego fatuo es una llama errante y leve, producida por las emanaciones de gas *hidrógeno fosforado* que se eleva en los sitios donde hay materias animales ó vegetales en descomposición, como en los cementerios, en los muladares ó en los pantanos, y que se inflaman espontáneamente al combinarse con el oxígeno del aire.

Esos fulgores vacilantes han producido siempre una desagradable y triste impresión en la imaginación supersticiosa de los pueblos, que los han considerado á menudo como almas errantes sobre las ruinas, y más de una vez han hecho que se postraran de rodillas, muertos de miedo, los que los veían deslizarse entre las tumbas siniestras del cementerio.

Algunas veces aparecen repentinamente cuando se abren sepulcros antiguos; y como en otro tiempo se ponían lámparas encendidas en el fondo de las tumbas, las personas crédulas se figuraron que la claridad de éstas era inextinguible. Cuéntase que durante el pontificado de Pelo III, elegido papa el 13 de octubre de 1534, se descubrió en la vía Apia una tumba con esta inscripción: *Tulliolæ filiæ meæ.* Al primer soplo de aire, el cuerpo de la hija de Ciceron quedó reducido á polvo, y *se apagó una lámpara encendida todavía* (así se dijo) *después de haber ardido más de mil* y *quinientos años.* Según dice Raulin en sus *Observaciones de meteorología*, pág. 393, se han encontrado ciertos cadáveres, que estaban enterrados hacía mucho tiempo, brillando con una luz fosforescente. Habiendo sido condenado á la horca el reo de Estado Freburg, á causa de sus continuas prevaricaciones, vióse su cabeza rodeada de una aureola luminosa por espacio de muchas noches, y algunos dinamarqueses, engañados por aquella especie de milagro cuya causa natural ignoraban, lo consideraron como una prueba de inocencia.

La Comuna de París en 1871, que se extinguió en medio de la sangre y del incendio salvando la vida de sus principales jefes, al paso que hacía ametrallar millares de hombres del pueblo, la mayor parte de los cuales no la apoyaban sino para dar pan á sus familias, ha arrojado á la fosa común millares de aquellos infelices, enterrándolos peor que á los perros, y que se pudrieron juntos bajo la acción disolvente de la lluvia y del calor de junio. Antes de la entrada de las tropas del gobierno en París, la parte Oeste de la capital, teatro de tantos combates, estaba ya cuajada de fosas, y los barrancos de Issy y de Meudón habían servido de última morada á los batallones de marcha de los federados. Como en la naturaleza no se pierde nada, el hidrógeno de aquellos cuerpos descompuestos se remontaba por la noche á los aires en forma de ligeras llamas azuladas. ¡Fuegos fatuos efímeros! ¡Esto es todo cuanto debía sobrevivir á tanto estrépito, á tantas violencias, á tantas pretensiones!

CAPÍTULO VI

LOS PARARRAYOS

ÚLTIMA COMUNICACIÓN OFICIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS

I. – Proposiciones generales

1. Las nubes tempestuosas que entrañan el rayo no son otra cosa sino nubes ordinarias cargadas de una gran cantidad de electricidad.

El relámpago que surca el cielo es una inmensa chispa eléctrica cuyos dos puntos de partida lo forman dos nubes distantes entre sí y cargadas de electricidades contrarias.

El trueno es el ruido de la chispa.

El rayo es la misma chispa; es la recomposición de las electricidades contrarias.

Cuando uno de los puntos de partida del relámpago está en la superficie de suelo, se dice que cae el rayo. Entonces todos los puntos del surco del relámpago siguen recomponiendo ó neutralizando las dos electricidades contrarias, una de las cuales sale de la nube y la otra de la misma Tierra.

¿En qué consiste que, hallándose ésta por lo general en su estado natural y sin electricidad aparente, está cargada de tal suerte de dicho fluido, y lo que es más, de un fluido contrario al de la nube en el momento mismo de caer en ella el rayo?

Esta es la primera cuestión que debemos examinar.

2. Antes de estallar el rayo, la nube tempestuosa que lo lleva, aun cuando esté á muchos kilómetros de altura, obra por influencia para rechazar la electricidad del mismo nombre y atraer la de nombre contrario. Esta influencia propende á ejercerse sobre todos los cuerpos; pero en realidad no tiene eficacia sino sobre los que son buenos conductores, como, por ejemplo, los metales, el agua, el terreno muy húmedo, los cuerpos vivos, los vegetales, etc.

El mismo conductor experimenta por parte de la nube efectos muy distintos, según su forma y sus dimensiones, y sobre todo según su perfecta ó imperfecta comunicación con el suelo.

Por ejemplo, un árbol que esté en un terreno medianamente húmedo no recibe sino una influencia muy débil, porque la electricidad del mismo nombre no puede ser rechazada en dicho terreno, que es muy mal conductor para las grandes descargas eléctricas.

Pero si dicho árbol se halla en un terreno muy húmedo y de vasta extensión, sufrirá una fuerte influencia, porque la electricidad del mismo nombre puede extenderse á lo lejos por aquel buen conductor. Por último, dicha influencia llegará á su máximo cuando aquel buen conductor se halle á su vez en buena comunicación hacia sus límites con otras capas de agua indefinidas.

Cuando se trata de la electricidad de nuestras máquinas, la superficie de la Tierra, tal cual se presenta, es lo que se llama *tierra* ó *depósito común*. Se puede llamar así, puesto que su conductibilidad es suficiente para dispersar ó neutralizar todas las pequeñas descargas eléctricas.

Cuando se trata del rayo, la tierra vegetal, en su estado ordinario, no es ya lo que se puede llamar depósito común, sino que se convierte relativamente en un mal conductor, lo mismo que las formaciones geológicas en que descansa. Es preciso llegar á la primera capa acuosa, es decir, á la de los pozos que no se agotan jamás (la llamaremos aquí *capa subterránea)*, para encontrar una cuya conductibilidad sea suficiente. Esta, en razón de su extensión y de sus múltiples ramificaciones, no puede estar aislada de las corrientes de agua inmediatas, constituyendo con ellas, con los ríos y riachuelos y con el mismo mar, lo que se debe llamar el depósito común de las nubes conductoras del rayo, y por consiguiente, de los pararrayos.

En efecto, mientras la nube tempestuosa ejerce en todos los puntos situados debajo de ella la influencia atractiva en el fluido del nombre contrario y repulsiva en el del mismo nombre, la capa subterránea es la que recibe especialmente dicha influencia con incomparable eficacia. Entonces toda su superficie superior se carga de electricidad contraria que la nube acumula en ella por su atracción, al paso que la de igual nombre es rechazada y dispersada á lo lejos en el depósito común. Así pues, cuando estalla el rayo, los dos puntos de partida del relámpago se hallan uno en la nube y otro en la capa subterránea, que es en cierto modo la segunda nube necesaria para la explosión del rayo.

Así es como el globo terrestre, sin cesar de permanecer en el estado natural en su conjunto, se electriza eventualmente en ciertos puntos por la presencia de nubes tempestuosas.

Los edificios, los árboles y los cuerpos vivos heridos por el rayo vienen á ser como los mediadores que se hallan en su camino y á los que acomete á su paso.

No vaya á creerse, sin embargo, que esos mediadores son esencialmente pasivos, y que no contribuyen nunca á modificar ó á determinar tal vez la dirección del rayo. Todo lo contrario: ejercen sin duda una acción tanto más notable cuanto mayor sea su extensión y mejor su conductibilidad. Por ejemplo, cuando cae un rayo en un buque que se halle en alta mar, es más que probable que aquél no haya seguido el camino geométricamente más corto para llegar al agua en cuya busca iba y donde debe quedar neutralizado por el fluido contrario, sino que haya escogido el camino eléctricamente más corto en razón de las descomposiciones por influencia que la nube había producido probablemente en

los mástiles, los aparejos y otros cuerpos conductores del buque colocados á mayor ó menor altura.

3. Un pararrayos es un buen conductor no interrumpido, cuya extremidad inferior comunica ampliamente con la capa subterránea, mientras que la superior se eleva lo bastante para dominar el edificio que se trata de proteger.

Una descarga de nuestras baterías eléctricas puede fundir un alambre algo delgado de muchos metros de longitud.

La explosión del rayo puede fundir ó volatilizar más de un centenar de metros de alambre de los timbres ó martillos de los relojes públicos. En 1827, un rayo fundió en el vapor *Nueva York* una cadena de agrimensor de 40 metros de longitud hecha con alambre de hierro de 6 milímetros de diámetro que servía de conductor al pararrayos del buque, dispersándola en fragmentos incandescentes.

No se cita un solo ejemplo en que el rayo haya podido siquiera calentar al rojo una barra de hierro cuadrada de algunos metros de longitud y de 15 milímetros de lado, ó 225 milímetros cuadrados de sección.

Así pues, se ha adoptado un hierro cuadrado de 15 milímetros de lado para componer el conductor de los pararrayos.

No es absolutamente necesario ir á buscar la capa subterránea en la vertical ó cerca de la vertical del edificio que se quiera resguardar. Un pararrayos no deja de ser eficaz aunque su conductor forme líneas curvas, horizontales ú oblicuas en una gran parte de su longitud. La condición esencial, pero absolutamente esencial, consiste en que dicho conductor llegue á la capa subterránea y comunique ampliamente con ella, aunque deba ir á buscarla á muchos kilómetros de distancia.

4. Supongamos un pararrayos colocado en tales condiciones, y examinemos de un modo general los fenómenos que pueden presentarse durante las tempestades.

La electricidad desarrollada por influencia en la capa subterránea, en vez de acumularse en ella, como acabamos de decir, encuentra el pie del conductor, que viene á ser una salida por la cual se precipita, porque la electricidad se extiende y se propaga por el interior de una barra metálica compacta y sólida, por larga que sea, con una velocidad comparable á la de la luz. Así es cómo el fluido atraído por la nube en la capa subterránea pasa á acumularse súbitamente en la punta del pararrayos.

Allí ocurren curiosos fenómenos de que debemos dar una idea.

Si el pararrayos termina en una punta fina y muy aguda de oro ó de platino, el fluido atraído por la nube ejerce contra el aire, que es mal conductor, una presión bastante grande para escaparse produciendo un penacho luminoso visible en las tinieblas. El brillo de los rayos divergentes de dicho penacho va disminuyendo á medida que se alejan de la punta; siendo rara vez visibles en una longitud de 15 á 20 centímetros. El aire se electriza entonces sobre manera por su

causa, y casi no se puede poner en duda que las moléculas de aire cargadas del fluido de la punta, es decir, del atraído, vayan á parar hasta la misma nube, si el aire está tranquilo, para neutralizar una porción más ó menos sensible del fluido de que está cargada.

A esta neutralización es á lo que se da el nombre de acción preventiva del pararrayos.

Al propio tiempo que la punta aguda da origen al penacho, el flujo de electricidad que pasa por ella es á menudo tan intenso que la calienta hasta la fusión; en este caso, el oro, y hasta el platino, á pesar de ser mucho menos fusible, caen á gotas voluminosas á lo largo de la varilla de cobre ó de hierro que los soporta.

Cuando un pararrayos ha perdido por esta causa su punta aguda y su extremidad se reduce á un ancho botón de fusión de oro ó platino, hay motivo para dudar si puede ó no continuar sirviendo.

A esto responderemos que el pararrayos puede seguir siendo útil con tal que tenga estas dos condiciones esenciales:

1.ª Que el conductor no presente ninguna solución de continuidad;

2.ª Que comunique ampliamente por su extremidad inferior con la capa subterránea.

Lo único que le sucede al pararrayos al perder su punta, es que pierde también algo de su acción preventiva; pues en este caso no podría reproducirse el penacho sino bajo la influencia de una atracción mucho más fuerte; y la fusión, que dependía especialmente de lo fino y agudo de la punta, se renueva con mucha dificultad, dejando por otra parte todas las cosas casi en el mismo estado. Por consiguiente, el aire no se electriza ya por el penacho en forma luminosa, por cuanto esta parte de la acción preventiva ha desaparecido; la otra parte, la que puede depender del aire electrizado por su contacto con todas las porciones superiores de la barra, es probablemente mucho más reducida.

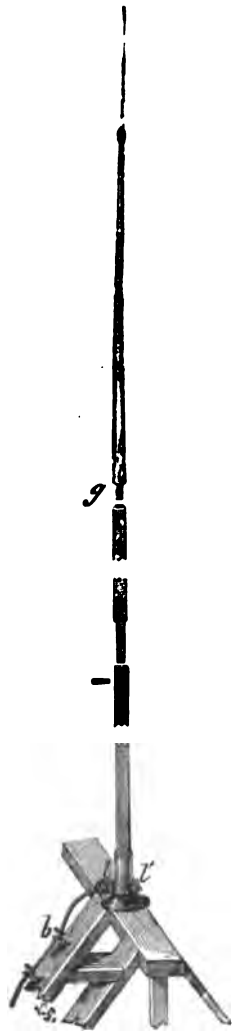


Fig. 103. – Barra de pararrayos y su conductor

Por lo demás, si es cierto que el viento se lleva muy lejos de la nube el aire electrizado por el penacho, lo mismo que el que lo está por la barra, la acción preventiva queda anulada tan frecuentemente, que no se la debe echar muy de menos.

De todo esto se deduce que cuando un pararrayos pierde su punta aguda, no pierde en realidad más que una insignificante ventaja.

Por estas razones, la comisión de 1855 creyó oportuno aconsejar que se terminaran los pararrayos por un cilindro de cobre rojo de 2 centímetros de diámetro por 20 ó 25 de longitud total, cuya extremidad fuese adelgazándose para formar un cono de 3 ó 4 centímetros de altura.

En el cono de cobre podrán verse también penachos luminosos, pero no tan á menudo como en las puntas agudas de oro ó de platino; aun en este caso resiste á la fusión, en razón de su forma y sobre todo de su gran conductibilidad, así eléctrica como calorífica.

Si llega á estallar el rayo, pasa por el cono de cobre á la barra y á su conductor, yendo en seguida á neutralizarse en la capa subterránea. Si es un rayo ordinario, no causa daño alguno en el pararrayos ni en el edificio protegido por éste, asemejándose á los que se extinguen en gran número en la Atmósfera durante las tormentas.

II.—Construcción

5. – *Barra.* – La barra de hierro del pararrayos termina en su parte superior, como acabamos de decir, por un cilindro de cobre rojo que va adelgazándose en forma de cono; en el punto donde empieza á redondearse tiene 2 centímetros de diámetro; más abajo es cuadrada y va aumentando de espesor con regularidad hasta el punto de inserción del conductor, donde debe tener 4 ó 5 centímetros de lado. Su altura total, desde el vértice del cono hasta este último punto, puede variar entre 3 y 5 metros, según las circunstancias. Es casi siempre más ventajoso aumentar el número de barras, manteniéndolas entre ciertos límites y enlazándolas entre sí por medio de un conductor común que las haga solidarias, que disminuir su número dándoles 7 ú 8 metros de altura.

Toda la longitud de la barra que está debajo del conductor, ó del más bajo de éstos, si hay varios, no debe considerarse ya como pararrayos, pudiendo variarse como se quiera su forma y escoger la que más convenga para fijarla sólidamente en sus puntos de apoyo.

6. – *Conductores.* – El conductor debe estar adaptado á la barra por una buena soldadura de estaño; la primera porción de él tendrá 2 centímetros de lado, y la parte redondeada, enderezada y estañada de antemano, que atraviesa la barra de parte á parte, tendrá 15 milímetros de diámetro; por consiguiente, las dos superficies de hierro, metálicamente unidas por la soldadura, vendrán á tener unos 20 centímetros cuadrados.

Las curvaturas siempre redondeadas que será menester dar al conductor, ya para que llegue al suelo ó ya para que se extienda por éste hasta la vertical de la capa de agua, bastarán para las dilataciones.

Como importa mucho que dichas soldaduras no estén trabajadas por flexiones ó tracciones oblicuas, se tendrá cuidado de colocar en su trayecto palomillas de hierro ahorquilladas que permitan al conductor deslizarse longitudinalmente

sin que se mueva á derecha ó izquierda. Dichas palomillas no deben ser aisladores eléctricos.

7. – *Comunicación con la capa de agua.* – Ya hemos dicho que la capa subterránea debe ser la de los pozos inmediatos que no se secan jamás, y que conservan por lo menos 50 centímetros de agua en las estaciones más desfavorables.

Se construirá el pozo de pararrayos como otro cualquiera; pero debe estar reservado exclusivamente para este servicio especial, sin que vayan á parar á él las aguas de las acequias ni de las alcantarillas.

Si las circunstancias lo exigieran, podría substituirse el pozo ordinario con una excavación de 20 á 25 centímetros de diámetro que tenga sus paredes revestidas de un modo á propósito para evitar los desmoronamientos.

La porción del conductor que baja al pozo consistirá en un hierro de 2 centímetros de lado; en su extremidad inferior llevará cuatro ramificaciones de 60 centímetros de longitud, todo ello rodeado de una espesa soldadura. En vez de estas ramificaciones podrá ponerse una hélice de cinco ó seis vueltas, que se formará retorciendo á modo de tirabuzón la extremidad del mismo conductor.

Se sujetará á la entrada del pozo la parte superior del conductor vertical, ya por medio de una grapa bastante fuerte colocada entre dos barras paralelas, ó ya valiéndose de otros medios análogos; se dará á esos soportes una altura tal, que las ramificaciones, y en caso de necesidad, la soldadura general, se sumerjan en el agua; pero es muy importante que este peso considerable no gravite sobre el cieno del pozo donde se hundirían las ramificaciones.

Se arbitrarán los medios necesarios para averiguar fácilmente la profundidad del agua del pozo en las diversas estaciones del año, aun cuando se conozca el movimiento de estas variaciones de nivel en los pozos inmediatos.

Por último, de vez en cuando, será necesario reconocer el estado del hierro sumergido, porque hay ciertas aguas que podrían corroerle muy profundamente en un período de cuatro ó cinco años. Para ello será menester deshacer la última de las soldaduras que hay fuera del pozo, y tener preparados los medios mecánicos indispensables para tirar del conductor y sacar fuera su extremidad inferior.

Tan sólo debemos añadir una advertencia á la precedente instrucción oficial sobre la construcción de pararrayos, publicada en 1867 por la Academia de Ciencias; y es que los que no llenen todas las condiciones requeridas serán más peligrosos que útiles.

En efecto, el pararrayos debe comunicar con grandes capas de agua que tengan una extensión mucho mayor que la de las nubes tempestuosas, pues el agua misma participaría de la índole del rayo si no tuviese la salida suficiente. Es peligroso enterrar el pararrayos en el suelo húmedo: 1.°, porque casi nadie se cuida de saber si esta capa húmeda tiene bastante extensión; 2.°, porque tampoco procura nadie averiguar si esta tierra conserva suficiente humedad en las épocas

de grandes sequías, ó lo que es lo mismo, en el momento en que las tempestades son más de temer. A falta de río ó de vastos estanques, es preciso poner los conductores de los pararrayos en comunicación con capas de agua subterráneas inagotables.

Un buen pararrayos es un preservativo de la mayor utilidad. Recordaré con

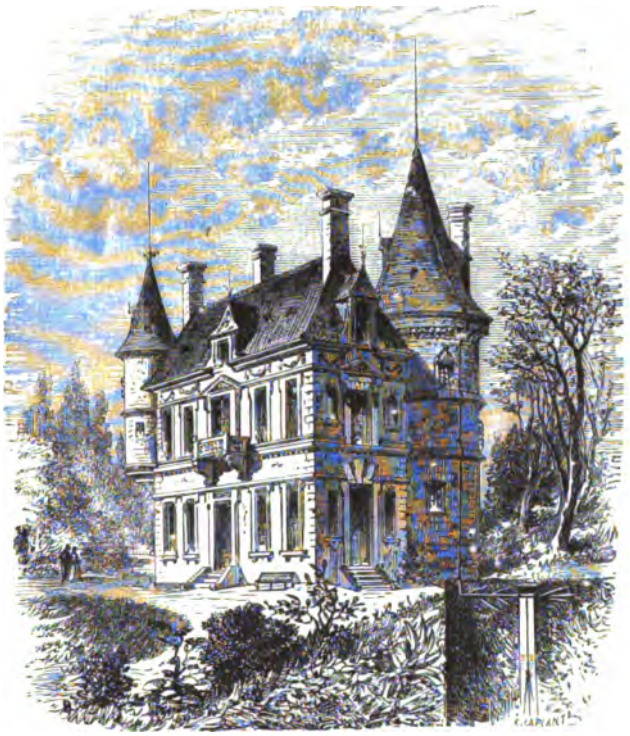


Fig. 104. – Pararrayos

este motivo que en la estadística formada por Quetelet de los rayos caídos en los pararrayos ó en los edificios y buques provistos de estos aparatos, ha hecho mención de ciento sesenta y ocho casos del primer género, entre los cuales sólo hay veintisiete, es decir, como una sexta parte, en que los pararrayos, á causa de graves imperfecciones en su construcción; no han preservado completamente los edificios ó los buques que los tenían. Este resultado es de los más concluyentes en favor de la eficacia de dichos aparatos y la mejor respuesta que puede darse á las objeciones aducidas en contra de su empleo.

Ninguna pintura compromete las funciones eléctricas de un pararrayos, á excepción de la porción sumergida del conductor.

Haremos observar, por último, que el círculo de protección del pararrayos

no es tan extenso como pudiera creerse. Tan sólo abarca una distancia igual á tres ó cuatro veces la altura de la barra sobre la techumbre; por consiguiente, un pararrayos de 5 metros no extiende su protección á más de 15 ó 20 metros del punto donde está enclavado. El efecto depende también de la naturaleza del terreno y de los materiales que han entrado en la construcción del edificio. Los grandes edificios necesitan muchos para estar protegidos eficazmente. Los nuevos pararrayos á puntas múltiples son quizás preferibles á los antiguos pararrayos de grandes barras para los edificios cuya superficie de techos es considerable.

CAPÍTULO VII

LAS AURORAS BOREALES

Hemos llegado al complemento más notable y más grandioso de las diferentes manifestaciones de la electricidad en la Atmósfera. Ya hemos visto que el globo terrestre es un inmenso depósito de este sutil fluido que existe en todos los mundos de nuestro sistema y cuyo foco reside en el Sol mismo. La electricidad, lo mismo que la atracción, que la luz y que el calor, es una fuerza general de la naturaleza. Sus palpitaciones conservan la vida de los mundos; y en nuestro mismo planeta, sus corrientes circulan del ecuador á los polos y de los polos al ecuador.

La aguja imantada, la brújula, nos designa con su dedo delicado esa circulación perpetua dirigida hacia el Norte; oscila y se agita cuando algunas perturbaclones dificultan la circulación normal del fluido, y empieza á dar vueltas incomprensibles cuando estas perturbaciones son demasiado violentas y alteran profundamente el equilibrio. El rayo que cae en un buque ejerce una influencia decisiva en el carácter de la brújula de tal suerte que, mientras se toma el Norte indicado por ella como punto de arribada, va el marino con dolorosa sorpresa á estrellarse contra los escollos ó á fondear en una costa inhospitalaria. Si una fuerte aurora boreal ilumina el cielo de Estocolmo ó de Reikiawik, la brújula del Observatorio de París se perturba á centenares de leguas de distancia; parece preguntar qué es lo que sucede, y excita al físico á fijar su atención en lo que pasa en aquel momento en el Norte.

La aurora boreal es un desprendimiento en grande escala de la electricidad atmosférica. En vez de una tempestad limitada á algunas leguas y mugiente de furor y de cólera, es una suave y lenta recomposición del fluido negativo del suelo con el fluido positivo de la Atmósfera, que se verifica en las alturas aéreas.

Este desprendimiento de la electricidad en forma de vasta capa fluida no es visible sino durante la noche, y reviste todas las formas imaginables, según el modo como se efectúa y según la perspectiva causada por la distancia á que se halla el observador.

Tan pronto la mirada absorta apenas puede sorprender rápidas ondulaciones blancas y sonrosadas, que recorren el cielo semejantes á un estremecimiento, como admira un tapiz de moaré de oro y de púrpura que parece caer de las celestes alturas; ora aparece una rociada de fuego acompañada de un rumor extraño,

y ora numerosos haces de zonas inflamadas se lanzan desde el Norte en las diferentes direcciones del compás. En los círculos polares, donde las tempestades son tan raras, es donde estas manifestaciones de la electricidad terrestre despliegan especialmente su suave esplendor.

No puede darse espectáculo más solemne. La Tierra entera asiste á él, ó por mejor decir, es espectadora y actora á la vez. Ya desde la víspera, ó con muchas horas de anticipación, la aguja imantada revela en todas partes su predisposición.

De pronto estalla como una efervescencia, describiendo en su tranquila ascensión un arco majestuoso de un amarillo pálido: este arco se duplica, se triplica, y á menudo se ven hasta nueve, que ondulan á la vez. Un flujo y reflujo de luz los balancea como un tapiz de oro que va, viene, se pliega y se repliega.

El espectáculo se va animando: en todas direcciones se destacan columnas luminosas, chorros y rayos de luz, impetuosos, rápidos, pasando del amarillo al púrpura, y del rojo al esmeralda.

Las luces parecen extenderse. En seguida se remontan á la gloria; se transfiguran en forma de sublime abanico, de cúpula de fuego: son como la corona de un divino himeneo.

El Spitzberg es la región favorita de las auroras boreales. M. C. Martins ha observado y analizado pacientemente un gran número de ellas durante su viaje científico de 1839, describiéndolas del modo siguiente (véase *La vuelta al mundo*, 1865, tomo II, página 10):

«Ora son simples fulgores difusos ó placas luminosas, ora rayos tremolantes de una blancura deslumbradora que recorren todo el firmamento, partiendo del horizonte, como si un pincel invisible se paseara por la bóveda celeste; á veces se detiene; sus rayos, sin acabar, no llegan al cenit, pero la aurora se extiende hacia otro punto; lánzase un haz de rayos, se despliega en forma de abanico, y luego palidece y se extingue. Otras veces, flotan sobre la cabeza del observador anchurosos tapices dorados, que se repliegan en sí mismos de mil modos y ondulan como si el viento los agitara. En apariencia, están poco elevados en la Atmósfera, causando extrañeza no oir el roce de los pliegues al tocarse unos con otros. Las más de las veces se proyecta un arco luminoso hacia el Norte; un segmento negro lo separa del horizonte, contrastando por su color obscuro con el arco de un blanco brillante ó de un rojo vivo que lanza los rayos, se extiende, se divide y se presenta al fin como un abanico luminoso que ocupa todo el cielo boreal, sube poco á poco al cenit, y reuniéndose allí los rayos forman una corona, que á su vez despide luminosos destellos en todas direcciones. Entonces el cielo parece una cúpula de fuego; el azul, el verde, el amarillo, el rojo, el blanco juguetean con los rayos palpitantes de la aurora. Pero tan magnífico espectáculo dura pocos momentos; primeramente cesa la corona de lanzar destellos luminosos, luego se debilita poco á poco; extiéndese por el cielo un fulgor difuso; algunas placas luminosas semejantes á ligeras nubecillas aparecen diseminadas, reunién-

dose en breve con una rapidez increíble como un corazón que palpita. Al poco rato palidecen á su vez; todo se confunde y se borra; la aurora parece estar en su agonía; las estrellas, ofuscadas hasta entonces por su luz, brillan con nuevo fulgor, y la prolongada noche polar, sombría y profunda, reina de nuevo cual soberana en las glaciales soledades de la Tierra y del Océano. Ante semejantes fenómenos,

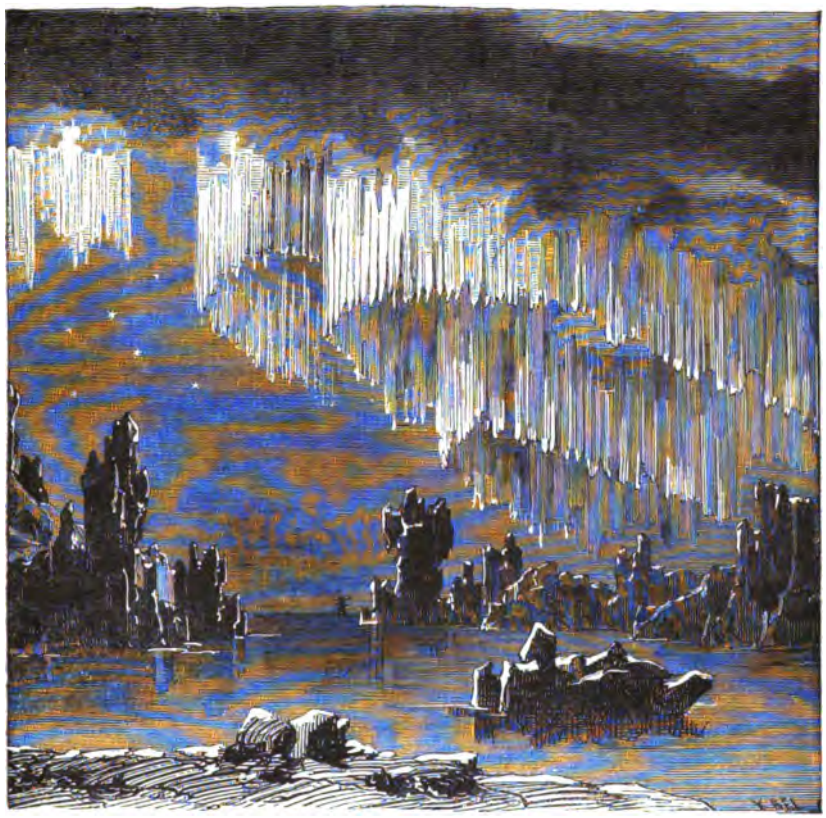


Fig. 105. – Aurora boreal en el mar polar

el poeta y el artista inclinan la cabeza, confesando su impotencia; el sabio es el único que no ceja: después de admirar aquella escena, la estudia, la analiza, la compara, la discute, y consigue probar que estas auroras se deben á las radiaciones eléctricas de los polos de la Tierra, imán colosal cuyo polo boreal existe en el Norte de la América septentrional, no lejos del polo del frío de nuestro hemisferio, mientras que su polo austral está en el mar, al Sur de la Australia, cerca de la tierra Victoria.»

Algunas indicaciones bastarán para probar la naturaleza electro-magnética de la aurora boreal. En el Spitzberg, una aguja imantada suspendida horizontalmen-

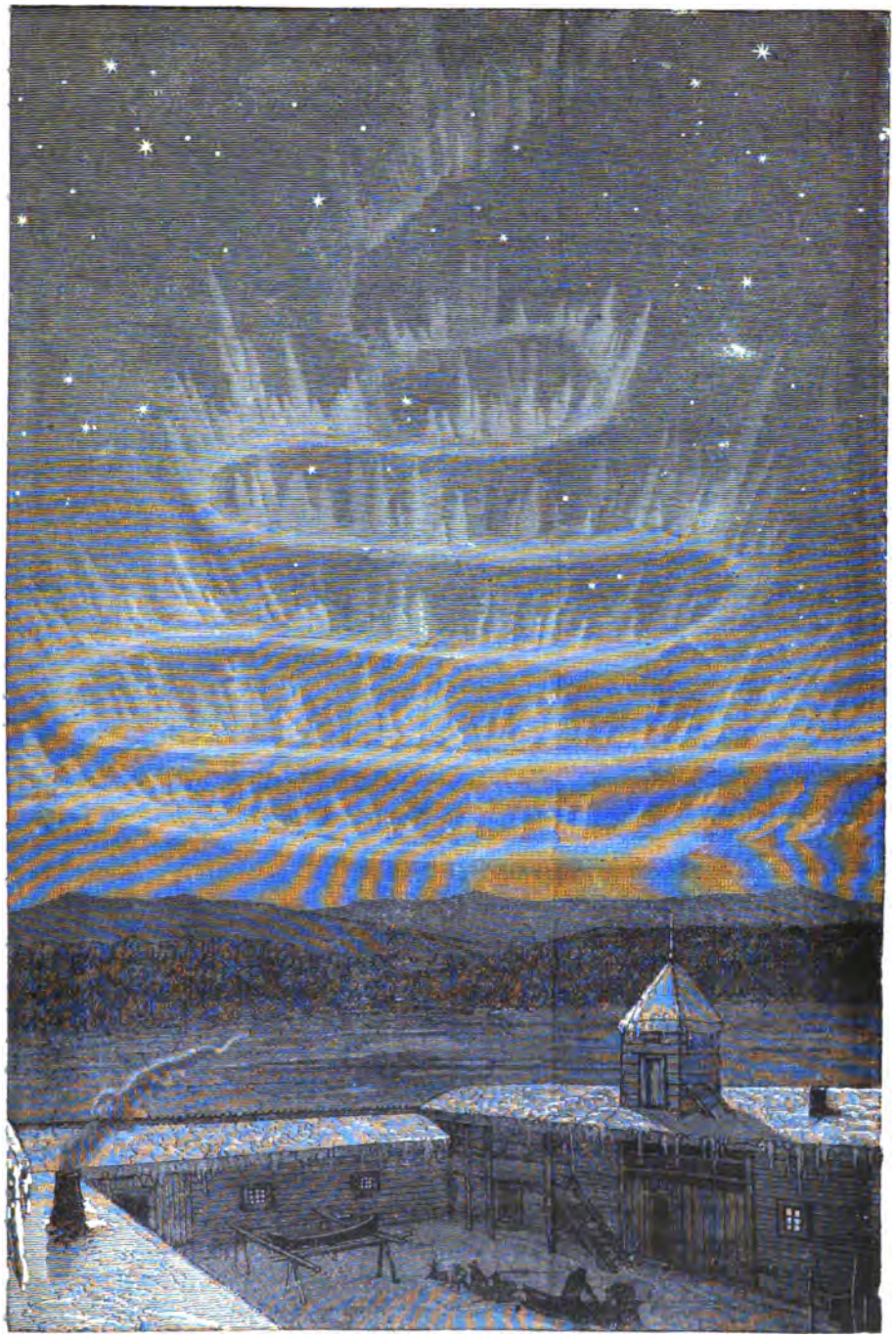
te de una hebra de seda sin retorcer se vuelve hacia el Oeste; tan luego como empieza la aurora, el físico que observa dicha aguja advierte que en lugar de permanecer sensiblemente inmóvil, parece presa de una inquietud insólita, y oscila rápidamente de derecha á izquierda y de izquierda á derecha. A medida que la aurora va siendo más brillante, la agitación de la aguja aumenta, y el observador, sin salir de su gabinete, juzga de la intensidad de la aurora boreal por la amplitud del cambio de lugar de la aguja: por último, cuando la corona boreal se forma, su centro se halla precisamente en la prolongación de una aguja magnética libremente suspendida sobre un eje y orientada en el sentido del meridiano magnético; no está horizontal, sino inclinada hacia el polo magnético, y se llama aguja de inclinación. Así, pues, las auroras boreales están íntimamente unidas á los fenómenos magnéticos del globo terrestre. M. Augusto de la Rive ha reproducido experimentalmente sus principales fenómenos en una bola de madera representando el globo terráqueo, convenientemente electrizada.

¡Qué extraño mundo el de los polos! Casi todas las noches están iluminadas por esos fulgores eléctricos más ó menos brillantes; desde mediados de enero, se ve al mediodía un crepúsculo de una hora; la aurora, anunciando el regreso del Sol, se agranda subiendo hacia el cenit; finalmente, el 16 de febrero, un segmento del disco solar, semejante á un punto luminoso, brilla un momento, para extinguirse en seguida; pero cada mediodía el segmento aumenta hasta que se eleva el orbe entero sobre el mar; entonces termina la larga noche del invierno, sucediéndose luego el día y la noche por espacio de sesenta y cinco días hasta el 21 de abril, en que empieza un día de cuatro meses, durante los cuales el Sol da vueltas en torno del horizonte, descendiendo cada vez más hasta que acaba por desaparecer.

En la América septentrional, al Este del estrecho de Behring, hay un país poco conocido: la península de Alaska, atravesada por el círculo ártico. Hace algunos años era la América rusa, y no tiene menos de cuarenta y cinco mil leguas cuadradas: los Estados Unidos la compraron el 18 de octubre de 1867. En una curiosa relación de un viaje hecho por Federico Whymper en 1865 hallo la rara observación de una aurora boreal en forma de cinta, desplegada en ondulaciones en las regiones aéreas.

Era el 27 de diciembre, escribe el citado viajero: «En el momento en que íbamos á acostarnos, nos dijeron que se veía una aurora boreal al Oeste. Esta noticia disipó nuestro sueño, y nos encaramamos á toda prisa al tejado más alto del fuerte para contemplar el esplendente fenómeno. No era el arco descrito á menudo, sino una serpiente de luz, flexible, ondulante, que variaba sin cesar de forma y de color; tan pronto tenía la tinta suave y pálida de los rayos de la luna, como se arrollaban las largas fajas azules, sonrosadas y violadas en aquel fondo argentado; las titilaciones iban de abajo á arriba y mezclaban su claridad con la de las estrellas brillantes que se veían á través de la vaporosa espiral.»

La aurora boreal afecta á veces la forma de una cúpula de la que se des-



AURORA BOREAL OBSERVADA EN ALASKA EL 27 DE DICIEMBRE DE 1865

prenden estalactitas de lluvia luminosa impalpable. M. Noel Nougant ob servó algunas muy interesantes de esta forma, en el momento de terminar su viaje á Islandia, el 21 de agosto de 1866.

«Después de haber dado nuestro gran baile en la *Pandora*, dice, aparejamos para la partida, y nuestros buenos amigos de Islandia decían al ver marchar el buque: «¡Ya se va el sol de Islandia!» En efecto, la fragata francesa llega con la buena estación, con el Sol, y se va tan luego como se percibe la primera estrella, que es como la señal de la primera aurora boreal. Desde aquel momento suele haber dos auroras cada noche; la primera á las once, hasta las once y tres cuartos: la segunda, más brillante que la primera, aparece á las doce, é ilumina el cielo y el mar por espacio de varias horas. Cuando va á formarse la aurora, se divisa una especie de nube negra en el horizonte, en dirección del NNE.; ilumínanse sus bordes, y de pronto parte del fondo de aquella obscuridad un rápido cohete, seguido inmediatamente de otros muchos. Estos cohetes dejan en el cielo un rastro luminoso; llegan poco á poco al cenit, y acaban por extinguirse en la totalidad de la bóveda celeste. La aurora se halla entonces en todo su esplendor; destácanse del cielo largas franjas que descienden suavemente y que el observador cree poder atrapar con sus dedos. Una blanca claridad inunda el mar y el cielo. Era cosa de ver en medio de aquella mágica región nuestra hermosa *Pandora* en el momento en que se alejaba de las costas de Islandia. Su graciosa arboladura y sus esbeltas vergas se destacaban claramente sobre aquella «luz del Norte,» como los islandeses la llaman en su pintoresco lenguaje, luz que en adelante debe ser su único sol.»

Las auroras boreales son muy raras en el Mediodía, pudiendo transcurrir la vida de un hombre sin que tenga el gusto de admirar una sola algo completa. Sin embargo, en poco tiempo hemos visto en París cuatro de bastante intensidad: el 15 de abril y el 13 de mayo de 1869, el 24 de octubre de 1870 y el 4 de febrero de 1872.

La del 15 de abril fué doble en cierta manera. El primer acto apareció á las ocho y diez minutos bajo la forma de un largo haz de columnas luminosas, rojizas, dirigidas de las guardas de la Osa mayor, hacia el Este, como un abanico. El fondo del cielo en esta región estaba igualmente coloreado de una luz rojiza. La aparición no duró más que algunos minutos. El segundo acto tuvo lugar á las diez y media. Los rayos partieron de un pequeño arco luminoso situado al Norte. Estos rayos, de un color verdusco muy pronunciado en la base inferior, presentaban, al contrario, en su extremidad superior un matiz de púrpura magnífico. Luego, en ciertos momentos, el fenómeno cambiaba súbitamente de aspecto: la luz se aglomeraba en muchos puntos formando montones ó placas muy densas, muy brillantes, blancas en el centro de la aurora, rojo de sangre en la circunferencia. Un infinito número de estrías luminosas, casi paralelas entre sí, recorrían la banda en la dirección del meridiano magnético. El fenómeno duró una media hora con las variaciones de intensidad.

La del 13 de mayo fué más notable y más notada. Yo la observé atentamente, y he aquí la descripción que dí en *Le Siécle* del día siguiente:

Gran aurora boreal en París. – Ayer noche, jueves 13 de mayo, se desplegó una magnífica aurora boreal sobre París.

Mientras reinaba un gran tumulto en los barrios y millares de voces resonaban sordamente como la tempestad en la proximidad de las reuniones electorales, inmensas llamas que partían del Norte resplandecían en el cielo estrellado.

En ciertas calles dirigidas de Sudeste á Noroeste se veía, ocupando el cielo en esta última región, un resplandor rojo obscuro que producía la impresión de un lejano incendio.

En un horizonte descubierto el espectáculo era espléndido.

A las once se elevaba de un segmento obscuro una inmensa gavilla de rayos luminosos, ascendiendo verticalmente al Norte, pasando la estrella polar y la Osa menor, y llevando hasta el cenit su luz amarilla-anaranjada.

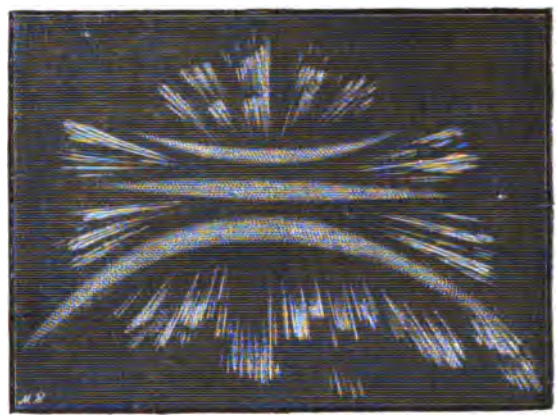


Fig. 106. – Aurora boreal observada el 10 de diciembre de 1838 en Bossekop: arco y rayos en forma de cúpula

Otra gavilla se elevaba oblicuamente, á la izquierda, del mismo punto que la anterior, y como un inmenso y ancho surtidor de rocío luminoso llegaba hasta las estrellas de la Osa mayor, las dos últimas de las cuales, Zeta y Eta, pasaban de su punto culminante y estaban próximas al cenit; Delta especialmente quedó mucho tiempo eclipsada por este inmenso brillo de aspecto de cometa.

Un tercer haz de luz, oblicuo á la derecha, atravesaba la Vía láctea, pasaba entre la Alfa de Cephe y la Alfa del Cisne, y se extendía hasta la cabeza del Dragón, dejando resplandecer la brillante estrella de primera magnitud, Vega, más á la derecha, en las alturas del Este. A estos tres haces principales se unieron ó sustituyeron otros durante las diversas fases del fenómeno: uno, entre otros, hacia el centro y un poco á la derecha de la vertical bajada de la estrella polar sobre el horizonte; otro, que apareció á las once y veinte minutos, se elevó al Oeste, á la izquierda de la Osa mayor y en la dirección de Arcturus.

La inmensa columna del Centro-Norte, que eclipsó completamente la estrella polar en sus variaciones luminosas, transformó insensiblemente su luz, que primero era amarillo-anaranjada, y á las once apareció con un tinte rojo sanguíneo como los resplandores nebulosos del fuego de Bengala.

Al mismo tiempo, la columna oblicua de la derecha, que primero sólo tenía la intensidad de un haz de luz eléctrica proyectado en el aire, tomó una claridad más viva y brilló como un largo cilindro de luz verde, pálida, y con todo bastante intensa para eclipsar las estrellas de Casíope, entonces situadas sobre el horizonte como una W gigantesca, y la bella estrella Alfa del Cisne.

Dibujando esta aurora boreal, observé que los regueros luminosos variaban de intensidad y de posición así como de color.

A unos veinte grados de altura sobre el horizonte se había formado un segmento obscuro por unas nubes negras, delgadas, extendidas horizontalmente, escondisndo el origen de los haces luminosos, los cuales, por otra parte, eran menos intensos en la parte inferior que en su altura media. Estas nubes negras no eran muy espesas, pues no tardé en distinguir perfectamente á Casíope, velada en parte por ellas, y la brillante estrella Capella, tan poco elevada sobre el horizonte.

Fig. 107. — Aurora boreal del 28 de septiembre de 1838: forma espiral y movimiento de rotación de la materia auroral

Algunas estrellas fugaces señalaron este período. A las once y treinta y cinco minutos partió un bólido de cerca el cenit, para extinguirse al llegar á la altura de la Osa mayor. Pareció caer otro de Vega á las once y cuarenta minutos.

El cielo había estado nublado durante el día; por la noche soplaba con intensidad el viento del Norte, y la Atmósfera era sensiblemente fría.

La del 24 de octubre de 1870 fué más notable, mucho más magnífica aún.

Sabido es que durante el sitio de París los astrónomos estaban transformados en oficiales de ingenieros, y que M. Laussedat había tenido la ingeniosa idea de instalar los anteojos astronómicos en todo el perímetro de las fortificaciones para observar los movimientos del enemigo y principalmente destruir sus baterías á medida que eran construídas. Durante este memorable invierno yo habitaba en el sector de Passy, y por la tarde de la aurora, habiendo notado á las seis y media un resplandor rojo muy singular y persistente en Casíope, adiviné la proximidad de una aurora boreal y juzgé útil trasladarme á un punto enteramente descubierto: al Trocadero. No había un alma cuando yo llegué, y á la verdad un viento glacial del Norte no invitaba mucho á quedarse allí. El resplandor rojo persistía continuamente. Bien pronto una vaga luz blanca iluminó el Norte, á

excepción de un segmento obscuro, y confirmó mis previsiones. Con todo, tuve que esperar una media hora antes de ver aparecer la manifestación eléctrica.

Empezó á las siete y treinta minutos por un acrecentamiento de la luz blanca, bastante intenso para eclipsar las dos estrellas más bajas de la Osa mayor, Beta y Gamma. Las otras cinco eran visibles á pesar de la luz: era un vasto foco luminoso que ocupaba la cuarta parte del cielo. La nube rojiza estaba entonces en Andrómeda por haber cambiado algo de sitio. De súbito, á las siete cuarenta minutos, largos surtidores de luz roja ondulante se lanzaron hasta el cenit. Luego se produjo una admirable manifestación. A unos 50 grados sobre el horizonte, y en un tercio del cielo, con más de 20 grados de anchura, se desarrolló una *colgadura de moaré rojo luminoso* con ondulaciones doradas (algo verdes por contraste) y quedó inmóvil en el silencioso cielo durante un minuto entero. Luego sus pliegues parecieron ondular y desaparecer. En el centro de la aurora se abrió un profundo foco de luz como un huso dirigido al cenit, luz blanca que se disemina en sus bordes como un rocío de plata. Algún tiempo después, un inmenso rayo rojo parte de la izquierda y se elevó hasta casi cerca del cenit. Las alturas del cielo quedaron desde entonces iluminadas hasta después de las ocho como si se quemara un inmenso fuego de Bengala.

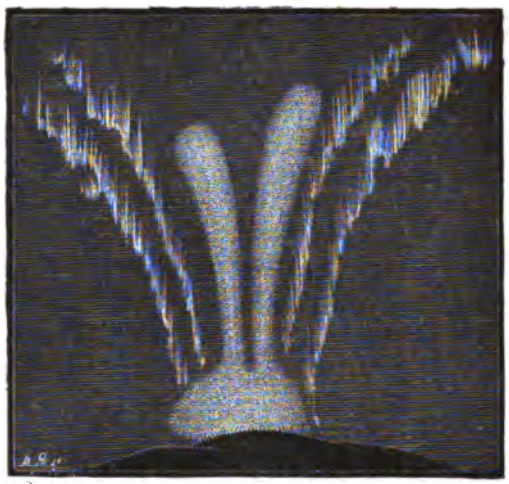


Fig. 108. – Aurora del 25 de diciembre: bandas aurorales

Esta aurora, como se ve, difería mucho de la precedente. Al día siguiente, la aurora boreal del sitio de París despedía sus postreros rayos hacia las seis de la tarde con menos intensidad y á través de un cielo nublado.

La brillante aurora que apareció en la Europa central y meridional, el Asia y la América, en 4 de febrero de 1872, consistió por de pronto en un reguero luminoso de color de rosa, atravesando el cielo entero de Este á Oeste. Pronto se formó su foco bajo las Pléyades, y fué como una inmensa ala dislocada que cubría la extensión del cielo. Aldebarán quedó eclipsado del todo. Esta aurora magnética fué austral mejor que boreal.

Empezó hacia las siete y terminó cerca de las once por una claridad difusa que se extendió por todo el cielo.

Las auroras aparecen en todas las alturas. Según las medidas de Bravais, su

elevación ordinaria está comprendida entre cien y doscientos kilómetros, ó entre veinticinco y cincuenta leguas de altura. Según las de Leomis, el punto extremo de donde parten los chorros de luz llega á setecientos y ochocientos kilómetros: ¡doscientas leguas de altura! Por consiguiente, pueden presentarse en la Atmósfera superior de que hemos hablado al principio de esta obra, aun cuando se han medido algunas que estaban mucho más bajas y descendían hasta el nivel de las nubes.

Su extensión es también muy variable. Por ejemplo, una aurora que se observó en Cherburgo, el 19 de febrero de 1852, no fué visible en París, aunque la distancia entre una y otra ciudad no excede de trescientos kilómetros. Según dice M. E. Liais, no debía estar á más de siete mil metros de altura. En cambio, hay auroras que abarcan una inmensa extensión.

Fig. 109. – Aurora boreal del 5 de enero de 1839 observada en Bossekop: arcos convergentes

La del 3 de septiembre de 1839 se vió á la vez en América y en Europa, como la del 5 de enero de 1769. La del 2 de septiembre de 1859 fué visible desde Nueva York hasta Siberia, y en *los dos lados de la Tierra*, lo mismo en el otro hemisferio que en el nuestro, ¡en el cabo de Buena Esperanza, en Australia, el Salvador, Filadelfia y Edimburgo! Esta fué la primera vez que se comprobó *de visu* lo que la teoría afirmaba de antemano, esto es, que las auroras boreales y las australes se efectúan al mismo tiempo en ambos hemisferios bajo la influencia de una misma corriente. Las extremidades del globo están en relación íntima entre sí por el fluido que circula incesantemente por los aires y por el suelo. En ciertos momentos solemnes, el magnetismo aumenta en intensidad y parece reanimar la vida del planeta.

La producción de las auroras boreales es para Humboldt uno de los testimonios más sorprendentes de la facultad de *emitir luz* que posee nuestro planeta. «Del fenómeno de las auroras, dice, se desprende que la Tierra está dotada de la facultad de emitir una luz diferente de la que le envía el Sol. La intensidad de esta luz es un poco mayor que la de la Luna creciente. A veces es bastante fuerte (7 de enero de 1831) para que se puedan leer sin trabajo los caracteres impresos. Esta luz de la Tierra, cuya emisión no se interrumpe casi nunca hacia los polos, nos recuerda la luz de Venus, cuya parte no iluminada por el Sol bri-

lla á menudo con un débil resplandor fosforescente. Tal vez posean también otros planetas una luz nacida de su propia substancia. En nuestra Atmósfera hay otros ejemplos análogos, como las famosas nieblas secas de 1783 y de 1831, que emitían una luz muy sensible durante la noche; como esas grandes nubes que despiden un suave resplandor sin ondulación, tantas veces observado; y, en fin, como esa luz difusa que guía nuestros pasos en medio de las noches de otoño ó de primavera, cuando las nubes interceptan toda la luz celeste y la nieve no extiende su manto sobre la Tierra.»

En nuestra *Astronomía popular* hemos demostrado que las auroras boreales y las manifestaciones del magnetismo terrestre por la aguja imantada están sometidas á una periodicidad de once años, correspondiente á la de las manchas del Sol.

Tales son los últimos y más grandiosos fenómenos que debíamos contemplar en esta galería de las obras de la Atmósfera.

CAPÍTULO COMPLEMENTARIO

LA PREVISION DEL TIEMPO

Acabamos de terminar, queridos lectores, la descripción de este maravilloso conjunto meteorológico que constituye la vida y la belleza de la Tierra. Hemos visto cómo el fluido atmosférico acompaña al globo en su curso, cómo el Sol despliega en él los esplendores de la luz, cómo en él distribuye los beneficios de la temperatura, de las estaciones y de los climas; hemos visto cómo nacen los vientos y las tempestades, cómo la circulación aérea se cumple en todo lugar, cómo las nubes se elevan en la cima de los aires y vierten la lluvia sobre las llanuras. Hemos oído gruñir las tempestades sobre nuestras cabezas, y hemos seguido á la caprichosa electricidad, desde la sutil chispa que se divierte en trastornar una choza hasta las grandiosas manifestaciones de la aurora boreal en las profundidades de los cielos. Entretanto, nuestro espíritu está lleno de nociones exactas sobre los grandes fenómenos de la naturaleza, sobre el estado y conservación de la vida del globo que habitamos, y ya no somos, en el fondo de esta Atmósfera, como los ciegos de nacimiento ó los vegetales, que respiran sin darse cuenta de lo que les rodea, sin saber dónde están ni cómo viven. A lo menos, el teatro en que hemos venido á desempeñar un papel más ó menos brillante, más ó menos útil, no es ya un mundo obscuro para nosotros, y sabemos apreciar nuestra situación, así como el arreglo de las variadas decoraciones que se suceden á nuestro alrededor durante nuestro papel, durante nuestra vida. En lo sucesivo la naturaleza tendrá para cada uno de nosotros mucho más interés, muchas más bellezas. En lo sucesivo también, desgraciadamente, los hombres nos parecerán en general mucho más ignorantes de lo que les creíamos hasta aquí; pues, en lugar de consagrar sus ocios á iluminar y desarrollar su inteligencia, pierden el tiempo atormentándose con los aguijones de la envidia, criticándose entre sí perpetuamente, agitándose en intrigas y ambiciones efímeras, corriendo tras las quimeras políticas y jugando á soldados para divertir á algunos potentados y á sus estados mayores que les mandan como tantos rebaños..... ¡Raza singular!

Con todo, sería interesante para nosotros el completar estos datos con una ojeada general á la historia de la meteorología y apreciar el valor de su actual estado de organización, á fin de poderla clasificar en nuestro espíritu en el rango que se conquista de día en día entre las ciencias exactas. Es lo que ahora ensayaremos hacer tan sucintamente como sea posible.

Los orígenes de la meteorología se remontan, como los de la astronomía, á

la más alta antigüedad. Las primeras edades debieron confundir por mucho tiempo en una misma observación los fenómenos de la bóveda celeste y los que se efectúan en la cubierta aérea de la Tierra; los límites del cielo y de la Atmósfera estaban demasiado mal determinados para que el estudio de los astros y el de los meteoros no formasen parte de un mismo conjunto. Los cometas, la Vía láctea, eran meteoros sublimes; los fuegos que atraviesan las altas regiones del aire eran astros que se desprendían de la bóveda celeste y caían. La meteorología tiene, pues, los mismos orígenes que la astronomía.

En estos remotos tiempos, en que los fenómenos de la naturaleza escapaban á toda explicación física, los hombres no podían ver en estas grandes manifestaciones otra cosa que testimonios de la cólera ó de la bondad divinas; pero, mientras que las regiones superiores de la bóveda celeste no ofrecían á sus deslumbrados ojos otra cosa que un espléndido cuadro de armonía y no despertaban en ellos más que sentimientos de admiración, las regiones inferiores les presentaban especialmente fenómenos irregulares, caprichosos, sin ilación aparente, ora propicios, ora funestos. Los hombres poblaron el cielo de los héroes que habían merecido su reconocimiento; pero sometieron la Atmósfera al imperio de los genios, buenos ó malos, cuyos incesantes combates eran, por la victoria de unos ú otros, las fuentes de riqueza y de alegría ó de miseria y desesperación.

Ningún pueblo escapó á estas supersticiones. Los caldeos consideraban los eclipses, los temblores de Tierra, los meteoros en general, como presagios felices ó desgraciados. El pueblo hebreo, adorando al único Dios, le daba por morada *el firmamento*, la bóveda celeste; pero el Señor descendía algunas veces de su trono para entrar en comunicación con los hombres, en medio de los meteoros. Entre los etruscos y en Roma los meteoros eran considerados, según la explicación de los libros sibilíticos y según las circunstancias, como buenos ó funestos presagios.

La ciencia meteorológica, tal como existe hoy y tal como la hemos expuesto en esta obra, es debida casi del todo á los trabajos del siglo pasado, antes del cual no teníamos más que los elementos, importantes sin duda, pero incompletos, establecidos por los diferentes trabajos de Galileo, Otto de Guericke, Torricelli, Descartes, Reaumur, Franklin, Dampier, Halley, Hadley, Lavoisier, etc. Gracias al gran número de observaciones y á la extensión comprendida y analizada, los trabajos del pasado siglo habrán elevado la ciencia de los meteoros á la dignidad de ciencia exacta. Estas observaciones inteligentes y discutidas las debemos á un gran número de sabios, diseminados por toda Europa y América, algunos de los cuales viven aún.

La previsión del tiempo presenta un problema del más alto interés para todo el mundo. El viajero que se confía á las incertitudes del Océano, el turista que empieza su viaje, el agricultor, el cosechero, el jardinero delante de sus flores y frutos, el médico en la proximidad de una nueva estación, el paciente pescador

como el cazador infatigable, el arquitecto, cualquiera de nosotros para un proyecto ú otro, todo el mundo, en una palabra, está más ó menos interesado en las variaciones de la temperatura y en el estado del cielo, y el problema de la previsión del tiempo es uno de los que han agitado más vivamente la sagacidad de los investigadores.

No existe ninguna ciencia que haya dado origen, como la meteorología, á todos estos numerosos proverbios, máximas y dicciones que desde la más remota antigüedad (pues ya se trata de ello en Hesiodo) se han perpetuado á través de los siglos, á pesar de todas las vicisitudes históricas. Un gran número de estos proverbios están fundados en la observación y no deben ser despreciados. A este legítimo deseo de conocer de antemano el tiempo que puede hacer, debe atribuirse el gran éxito de los antiguos almanaques, desde Nostradamus, Mathieu Laensberg y Francis Moore, hasta nuestros días. En el estado actual de la instrucción pública, cada uno debería saber que la meteorología no es comparable á la astronomía y que es imposible anunciar con un año de anticipación el tiempo que hará cada día. No obstante, aún hoy día existe un considerable número de personas, especialmente en los rincones de las montañas, que creen en la predicción del tiempo por los almanaques; y si bien no siguen, como en otro tiempo, sus bizarras indicaciones para «sangrarse, purgarse, destetar los niños ó cortar los cabellos,» los consultan aún para el estado del cielo, y se fían más ó menos de ellos, porque no se fijan mucho en la realización de las predicciones, olvidando diez que no tienen lugar por una que les satisfaga.

El estado local de la atmósfera, cualquiera que sea el lugar de que se trate, es la consecuencia del estado general, y durante mucho tiempo ha sido absolutamente imposible formarse ninguna idea de la marcha general del tiempo en la superficie del planeta. Este conocimiento, por otra parte, sería imposible sin la invención del telégrafo y sin la red de hilos eléctricos que hoy rodean al mundo. La organización de los servicios meteorológicos que funcionan actualmente en los diversos países data del año 1855 y fué provocada por la gran tempestad del 14 de noviembre de 1854, que, después de haber pasado sobre la Europa, asaltó en el mar del Norte á las flotas aliadas de Francia é Inglaterra y produjo considerables desastres. Si entonces hubiese existido una comunicación telegráfica con la Crimea, nuestras flotas, prevenidas á tiempo, habrían podido refugiarse á tiempo. Le Verrier, director del Observatorio de París, sometió al emperador el proyecto de una vasta red meteorológica, la cual fué organizada en 1857, y desde el 1.° de enero de 1858 el *Bulletin international* del estado de la atmósfera en toda Europa aparece cada día en París.

En 1872 el servicio meteorológico del Observatorio de París fué trasladado á Montsouris, cuyo Observatorio había sido creado especialmente para la meteorología en el curso del año 1868. Pero en nuestro bello país de Francia (lo mismo sucede quizás en los otros) las cuestiones de interés personal han siempre dominado y con frecuencia destruído, en el mundo oficial, la ciencia pura y el

progreso verdadero. De ello resultó que el establecimiento científico de Montsouris no realizó el fin de su fundación, y cuando en 1878, después de la muerte de Le Verrier, se decidió fundar sobre una larga base el servicio de la meteorología francesa, nadie se ocupó de este Observatorio, como si no hubiera existido, y se creó la Oficina central sobre bases absolutamente nuevas. (El presupuesto

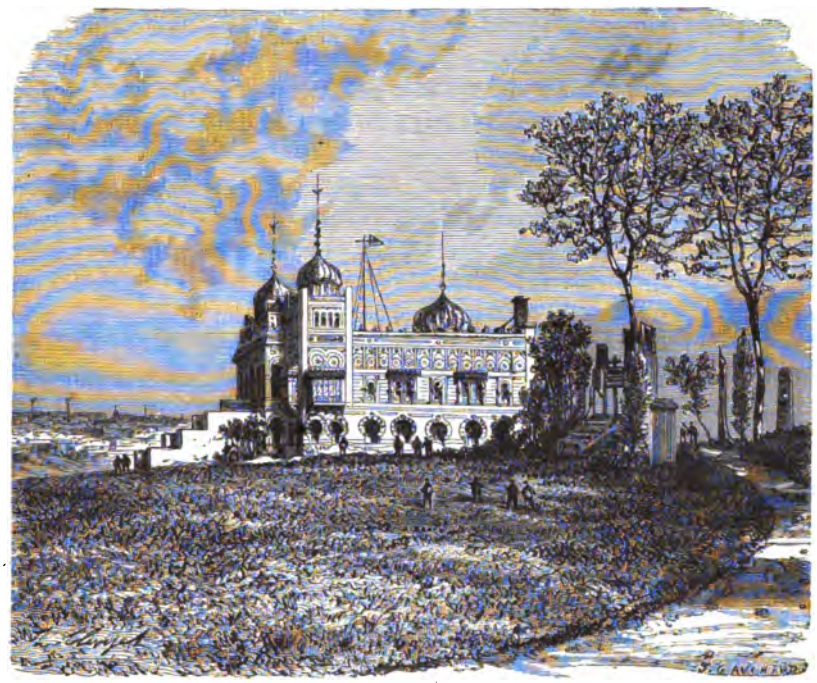


Fig. 110. – Observatorio de Montsouris

especial de esta fundación exclusivamente meteorológica es de doscientos mil francos; el del Observatorio astronómico es de trescientos diez y siete mil.) Desde el año 1878 publícase el *Boletín internacional* por esta «Oficina meteorológica de Francia,» para la cual se creó como anexo el Observatorio del parque de Saint-Maur. Análogos servicios existen en Inglaterra, en los Estados Unidos, en Alemania, en Bélgica y en casi todos los países.

Las variaciones del tiempo son principal y casi exclusivamente debidas á las de la presión atmosférica, como hemos dicho ya en el capítulo de las tempestades. Hemos visto además que estas variaciones de la presión barométrica nos llegan siempre del Océano Atlántico y marchan en general, ya de Oeste á Este, ya de Sudoeste á Nordeste. Gracias á la inspección de la marcha del barómetro al Oeste de Europa, es decir, en Irlanda, España y Portugal, puesto que no existen estaciones más occidentales, es posible prever con doce ó quince ho-

ras de anticipación la llegada de una borrasca en nuestras regiones. Algunas veces se pueden anunciar desde más lejos, pues sucede con mucha frecuencia que están ya formadas en los Estados Unidos antes de atravesar el Atlántico; el diario americano *The New York Herald* telegrafía siempre el paso de estas borrascas á New-York, mas con frecuencia el ciclón se extingue antes de llegar á nuestras regiones ó sufre una ligera desviación en su marcha que lo eleva hacia el mar del Norte ó lo hace descender hasta España, en lugar de dejarlo llegar directamente á Francia.

Los pequeños mapas publicados más arriba han enseñado ya cómo la presión atmosférica se distribuye por zonas y de qué manera se desarrollan los centros de depresión.

Hemos visto igualmente más arriba cómo la marcha de las nubes de Oeste á Este y el descenso del barómetro anuncian el mal tiempo, y hemos demostrado al mismo tiempo por qué el centro de la tempestad ó la depresión barométrica está siempre á la izquierda de la dirección del viento: volved la espalda al viento, como si marchaseis con él, y extended el brazo izquierdo: él indica la dirección del centro de la tempestad.

Con estas reglas son hechos todas las mañanas, en la Oficina central, los mapas que anuncian la probabilidad del tiempo, el cual está, como se ve, unido siempre á la marcha del barómetro.

Desde la invención de éste, por otra parte, los observadores habían notado esta conexión permanente del estado del cielo con la variación barométrica. Sabiendo que en el nivel del mar la altura media del barómetro es de 760 milímetros y que corresponde, por consiguiente, al estado medio del tiempo, se han adoptado desde hace mucho tiempo las indicaciones siguientes:

Una altura de	79	centímetros	corresponde á.	MUY SECO
–	78	–	–	BUEN TIEMPO FIJO.
–	77	–	–	BUEN TIEMPO.
–	76	–	–	VARIABLE
–	75	–	–	LLUVIA Ó VIENTO.
–	74	–	–	LLUVIA.
–	73	–	–	TEMPESTAD.

En efecto, estas indicaciones se refieren generalmente al estado de la Atmósfera, con tal que no se habite una región que esté muy elevada sobre el nivel del mar. Mas hemos visto que en cuanto uno está más elevado menos aire tiene sobre sí, la presión barométrica es menos fuerte, y, por consiguiente, más baja está la columna barométrica, en igualdad de circunstancias: unos $10^m,50$ de elevación dan un milímetro menos en la altura barométrica; 21 metros = 2 milímetros; 32 metros = 3 milímetros; 43 metros = 4 milímetros; 54 metros = 5 milímetros; 110 metros = 10 milímetros; 165 metros = 15 milímetros; 222 metros = 20 milímetros; 297 metros = 25 milímetros; 337 metros = 30 milímetros; 400 metros = 35 milímetros; 500 metros = 44 milímetros de descenso, etc., con

débiles variaciones según la temperatura. Por consiguiente, para que las indicaciones barométricas sean exactas, el primer cuidado debe ser colocar la palabra *variable* en el punto de la altura media del lugar. Este punto sólo está á 760 milímetros en el nivel del mar y aun con la corrección que depende de las líneas isobarométricas indicadas en nuestra tabla. Así pues, un barómetro que en el Observatorio de París (67 metros de altitud) tiene su punto medio ó variable á 756 milímetros, lo tiene á 742 en Dijón (245 metros de altitud) y á 728 en Clermont, situado á 400 metros. Cuanto más se sube, más baja esta altura media. En Bogotá (Colombia), cuya altitud es de 2.640 metros (Observatorio Flammarión), la altura media del barómetro es de 562 milímetros. Pero convendría también corregir la escala de las variaciones inscritas de la amplitud de estas variaciones, pues esta amplitud no es la misma para los diversos climas. Se la puede considerar siempre uniforme para toda la Francia.

El principio esencial para interpretar las indicaciones del barómetro no consiste, por otra parte, en leer simplemente estas cifras absolutas. Como ha podido comprenderse en el capítulo de las tempestades, son las *variaciones* las que importa considerar. Cualquiera que sea su altura, el descenso de hora en hora es el indicio de una depresión barométrica cuyo centro pasará más ó menos lejos; la elevación indica buen tiempo. Las variaciones del barómetro son una especie de balanza extremadamente sensible del equilibrio de la Atmósfera, y aquel que las sigue con inteligencia casi nunca se engaña.

Cuando desde muchas semanas hace buen tiempo, por ejemplo, y debe persistir aún, el barómetro está elevado y se mantiene así. Si empieza á descender lenta y regularmente, es probable un cambio de tiempo, pero el centro de depresión puede pasar lejos y no tener más que un cielo nublado sin lluvia. Si el descenso es fuerte y rápido, es indicio de una perturbación próxima y cercana y de la llegada del mal tiempo.

Generalmente las depresiones que durante el verano originan tempestades en Francia toman origen hacia el golfo de Gascuña ó nos llegan del Atlántico. Las tempestades sólo se producen después de una baja barométrica, y es preciso además que este descenso sea lento y que el centro de depresión se encuentre al Sudoeste y no al Sudeste. Las mismas tempestades locales están ligadas al conjunto general de los movimientos atmosféricos.

La dirección del viento depende, como hemos visto, del estado de la presión barométrica. Los vientos del Norte y del Nordeste corresponden á las grandes alturas barométricas, es decir, al tiempo bueno y duradero, mientras que los del Sur, del Sudoeste y del Oeste corresponden á débiles alturas, es decir, al mal tiempo. Los vientos del Noroeste y Sudeste son indicio de un tiempo variable é indeciso.

A la observación del barómetro y de la dirección del viento debe añadirse la de las nubes. Muchos días antes de la llegada del mal tiempo, y aun antes de que el barómetro haya empezado á descender de una manera sensible, se ven apare

cer en el cielo, en largas bandas, finos cirrus, desleídos, delicados, que son los primeros anuncios del mal tiempo. Forman con frecuencia largas bandas estrechas que se extienden de un extremo al otro del horizonte. Marchan generalmente en sentido perpendicular á su longitud, lo que extraña siempre al observador, dispuesto á verlos marchar en el sentido de su longitud. En tanto que estas nubes estén limpias y desleídas, el centro de depresión está lejos de nosotros. Al contrario, cuando se unen entre sí por un ligero velo y el cielo toma este aspecto lechoso favorable á la producción de halos, pero muy perjudicial á las observaciones astronómicas, es una señal de que el mal tiempo no tardará en llegar. Pronto se ven aparecer los cúmulus ó bolas de algodón, primero aislados, por los espacios de los cuales se perciben á intervalos los cirrus de las capas superiores. Estos cúmulus descienden poco á poco, el horizonte se cubre, y el cielo se vuelve grisáceo, tono característico de lluvia inminente. Durante esta sucesión la humedad del aire ha aumentado y el higrómetro asciende.

La humedad de las capas inferiores del aire no es siempre una indicación exacta de la de las capas superiores, y convendría poder observar el estado de estas capas en que se forman las nubes. Esto es lo que se ensaya hacer desde algunos años con ayuda del espectroscopio. Si se toma un pequeño espectroscopio y se observa el cielo á su través, se ve un espectro solar con sus principales rayos de absorción. Pues se ha notado (principalmente los observadores ingleses Piazzi Smyth y Raud Capron) que, cuando debe llover, el espectro solar muestra á la izquierda de la doble raya D una banda difusa producida por el estado del vapor de agua de que está entonces saturado el aire y que anuncia, más exactamente que el higrómetro, la próxima llegada de la lluvia. Al mismo tiempo el espectro solar parece, en su conjunto, algo más velado que de costumbre.

Otro aparato de observación, inventado por el italiano Malacredi y puesto en práctica por el almirante inglés Fitz-Roy, que le ha dado el nombre de *Stormglass*, sufre variaciones bastante curiosas. Se compone de un tubo de vidrio de 30 centímetros de altura por 8 de diámetro. Este tubo está casi del todo lleno por una disolución de dos partes de alcanfor, una de nitrato de potasa y una de sal amoníaco en el alcohol puro y precipitado parcialmente por medio de agua destilada. El tubo puede estar abierto ó cerrado; se le suspende verticalmente en una pared. Parece (no lo hemos comprobado) que este instrumento da indicaciones casi seguras de la previsión del tiempo. Son las siguientes:

1.° Si el tiempo debe ser bueno, la parte superior del líquido está clara y transparente.

2.° A la proximidad de lluvia, la mezcla se eleva y las cristalizaciones se mueven en el interior del líquido.

3.° Unas veinticuatro horas antes de la tempestad, la mezcla se eleva á la parte superior del líquido, como si fermentara. Las cristalizaciones presentan entonces la forma de una hoja ó de un ramo.

4.° La dirección de donde debe venir la tempestad está indicada por la

dirección y la altura de la cristalización, que nace siempre del lado por donde debe venir el meteoro.

5.° En invierno, las nevadas y heladas son indicadas por la altura de la mezcla así como por las partículas de la substancia que flotan bajo la forma de cristalizaciones estrelladas.

6.° En verano, cuando el tiempo debe ser caluroso y seco, la substancia en disolución está muy baja.

7.° En fin, el número de partículas cristalizadas indica la intensidad de las perturbaciones que deben venir.

¿Estas indicaciones son bien seguras? Parece que un instrumento tan útil estaría más universalmente extendido si se tuviera alguna certeza en sus variaciones.

Este sería el lugar propio para hablar de las influencias de la Luna, si en realidad tuvieran el valor que públicamente se les atribuye. Mas las observaciones más rigurosas han demostrado en absoluto: 1.°, que el tiempo no cambia más en los cuatro cuartos de la Luna que en los otros días del mes; 2.°, que la altura del barómetro en la Luna nueva y en la Luna llena no indica ninguna marea atmosférica; 3.°, que no llueve más, por término medio, un día determinado de Luna que cualquier otro día. Sería, pues, superfluo perdernos aquí en los detalles de estas comparaciones.

Según las experiencias hechas, el calor emitido por la Luna es insensible; pero sus rayos químicos obran con eficacia sobre la placa fotográfica. Quizás también el astro de la noche ejerce una influencia química en las delicadas reacciones que se operan durante la noche en las hojas y demás órganos delicados de los vegetales. Se puede admitir también que en las alturas aéreas, en ciertas situaciones de las nubes en que basta una causa extremadamente débil para modificar el estado vesicular, la Luna puede comérselas, como dice el proverbio popular. Yo mismo he notado muchas veces en mis viajes en globo, que ciertas nubes se disuelven rápidamente bajo la influencia de la Luna llena. Desde este punto de vista, el astro de la noche no deja de influir en la Atmósfera; pero su acción no puede ser comparada con la del Sol, y no reglamenta el tiempo, como suponen ciertos teóricos.

En el estado actual de nuestros conocimientos, no puede basarse absolutamente nada en las fases de la Luna. El que un gran número de labradores y marineros atribuyan principalmente la reglamentación del tiempo á las cuatro fases de la Luna, es debido á que no se preocupan de dos días antes ó después; sólo atienden á una coincidencia y hacen caso omiso de las veces en que no se verifican sus suposiciones.

La previsión del tiempo á largo vencimiento no puede, pues, inspirar confianza alguna, en tanto esté fundada en los movimientos de la Luna. Esta previsión no puede, por otra parte, estar basada en adelante sobre otros documentos. Es absolutamente estéril aventurar conjeturas sobre el buen ó mal tiempo, con un año, un mes ó una semana de anticipación.

Sólo será posible prever la marcha del tiempo en la época en que las múltiples observaciones de toda la superficie del globo habrán permitido analizar los diversos movimientos meteorológicos mensuales y diarios. Cuando el hombre tendrá bajo su mirada el conjunto de la circulación atmosférica, como tiene ya el globo terrestre geológico, climatológico y astronómico, seguirá la marcha de las ondas que pasan de un meridiano al otro, las fluctuaciones que atraviesan las latitudes, las direcciones de corrientes determinadas por la diferencia de las tierras y de los mares, por el relieve del suelo, por las cadenas de montañas, la distribución de las lluvias según los movimientos atmosféricos, las estaciones y las comarcas, la sucesión de los vientos, etc., etc.: la ciencia llegará á dominar las leyes invariables y las fuerzas constantes que rigen estos movimientos, por más complicados y obscuros que nos parezcan aún; pues, como escribió Laplace, *la más pequeña molécula de aire está sometida en sus movimientos á leyes tan invariables como las que rigen á los cuerpos celestes en el espacio.*

Prescindiendo de las previsiones científicas que anteceden, hay observaciones populares que no deben despreciarse y que hacen que las previsiones de los habitantes de los campos sean más seguras, desde el punto de vista local, que las de los sabios de los observatorios.

Señalemos estos principales pronósticos.

Los *halos* y *coronas* que aparecen alrededor de la Luna anuncian que el día siguiente el cielo estará nublado y probablemente lluvioso, con fina lluvia de bastante duración.

Cuando el Sol se pone detrás de vaporosas nubes de escarlata, que originan maravillosos efectos *de púrpura obscura* y colorean todo el paisaje, anuncia lluvia. Si el color es rosa ó anaranjado, buen tiempo; si es amarillo brillante, viento. Si el Sol, al ponerse detrás una cortina de nubes, no brilla un instante al llegar al horizonte, «no levanta su sombrero,» es señal de lluvia para el día siguiente.

La *transparencia* del aire, que acerca los objetos lejanos y permite distinguir singulares detalles á muchos kilómetros de distancia, anuncia igualmente lluvia.

Los malos olores que se exhalan de ciertos lugares, pozos negros, cisternas, etcétera, son debidos á la diminución de la presión atmosférica y á las condiciones higrométricas que anuncian igualmente la lluvia.

Si la niebla desciende, señal de buen tiempo; si se eleva, lloverá.

Algunos animales ofrecen pronósticos que rara vez engañan. A la proximidad de la lluvia, la golondrina vuela cerca de la tierra, los pájaros lustran su plumaje, las gallinas se cubren de polvo, los ánades picotean, los peces saltan fuera del agua, las moscas pican más fuertemente.

Las nubes que marchan en sentido diferente del viento que sopla en la superficie del suelo anuncian generalmente un cambio próximo de dirección del viento en el sentido indicado.

Dos vientos de dirección opuesta que se suceden originan ordinariamente la lluvia.

Si el cielo está gris por la mañana, buen tiempo. Si los primeros resplandores del día aparecen por encima de una capa de nubes, viento. Si aparecen en el horizonte, buen tiempo.

Las nubes ligeras de indecisos contornos anuncian buen tiempo y brisas moderadas; las nubes espesas con contornos bien definidos, viento. Las nubes ligeras corriendo rápidamente en sentido inverso de las masas espesas indican viento y lluvia.

En fin, para cada país, la dirección del viento, combinada con el estado del cielo y la temperatura, engaña raras veces, aun con veinticuatro horas de anticipación, á un observador ejercitado; se nota especialmente esta seguridad de sensación en ciertas personas que, á falta de barómetro, están dotadas de esta sensiblidad nerviosa ó enfermiza que sufre á las menores variaciones de la presión atmosférica.

A estos datos generales podríamos añadir, á título de documentos más ó menos curiosos, algunas dicciones en uso entre la gente del campo. Sirvan de muestra las siguientes:

Arreboles al oriente, agua amaneciente.
Arreboles á todos cabos, tiempo de los diablos.
Arreboles de Aragón, á la noche con agua son.
Arreboles de Portugal, á la mañana sol serán, ó viejas á solejar.
Arreboles de la mañana, á la noche son agua.
Arreboles de la noche, á la mañana son soles.
Arreboles en Castilla, viejas á la cocina.
Arreboles por la tarde, á la mañana aire.
El cielo aborregado, antes de tres días bañado.
Cuando llueve en Febrero, todo el año ha tempero.
Luna con cerco, lavajo lleno; estrella en medio, lavajo seco.
Abril, aguas mil.
Llueva para mí abril y mayo, y para ti todo el año.
Por agosto, frío en rostro.
Agua de agosto, azafrán, miel y mosto.
Agua de por mayo, pan para todo el año.
Agua en marzo, hierbazo.
Agua por San Juan, quita vino y no da pan.
¿Aire de poniente? Suelta los bueyes y vente.
Aire solano, agua en la mano.
Aire solano, fresco en invierno y calor en verano.
El año de la sierra no lo traiga Dios á la tierra.
Cuando marzo mayea, mayo marcea.
Marzo marceador, que de noche llueve y de día hace sol.
Marzo marcero, por la mañana rostro de perro, por la tarde valiente mancebo.

A gran seca, gran mojada.
Cuando la sierra está tocada, en la mano viene el agua.
Escarcha rebolluda, al segundo ó tercero día suda.

Estas dicciones y pronósticos populares, aun siendo la mayor parte notas reales, no han hecho avanzar mucho la ciencia y no la harán avanzar un solo paso en el porvenir. La meteorología sólo puede estar fundada en la observación no de un suceso particular, de algunos años especiales ó de algunas localidades, sino del conjunto del estado de la Atmósfera en vastas extensiones, y sobre todo en la síntesis general de sus incesantes modificaciones de equilibrio.

Gracias á los servicios meteorológicos organizados entretanto en todos los países civilizados, podemos estar seguros que de día en día la Ciencia comprenderá mejor el mecanismo atmosférico y vital de este planeta, y que en fin la meteorología se establecerá como ciencia exacta, intérprete absoluta de la naturaleza.

He procurado representar en esta obra el estado actual de nuestros conocimientos sobre la Atmósfera. Con todo, mejor que un tratado de meteorología, es una descripción de los fenómenos, leyes y fuerzas en acción constante en la inmensa fábrica de la vida terrestre. A pesar de trabajosas investigaciones, á pesar de tan gran número de páginas, que más de una vez habrán puesto á prueba la atención del lector, no he llegado aún á describir el tiempo como se describen los movimientos de los astros, á predecir el carácter meteorológico de los días futuros como anunciamos por reglas invariables la marcha astronómica de la Tierra y de los mundos, la llegada de un eclipse ó la posición de un planeta en el cielo. Espero, sin embargo, tener el placer de verlo un día realizado.

Esta obra acaba de hacernos vivir durante algunas horas en la contemplación y en el estudio de la naturaleza; hemos aprendido á conocer, á apreciar este mundo maravilloso que nos rodea, esta Atmósfera que conserva nuestra vida; estos fenómenos luminosos, caloríficos, eléctricos, que obran sin cesar á nuestro alrededor; estos movimientos aéreos que, á través de los cambios de las estaciones, por los días buenos y malos, por las luces y las sombras, los vientos y las lluvias, los calores ó las heladas, las calmas ó las tempestades, constituyen el organismo de nuestro errante planeta. En esta contemplación y en este estudio hemos vivido intelectualmente, hemos aprendido á observar y á pensar, nos hemos elevado sobre todos estos que, demasiado numerosos aún, tienen ojos para no ver y un cerebro para no hacerlo servir, y sobre todo hemos sentido que es más agradable ser instruído que ignorante, y que viviendo así intelectualmente doblamos y decuplicamos por nosotros el placer de vivir; dejemos á los otros la materia y sus apetitos; escojamos para nosotros el espíritu y sus goces.

APÉNDICE

I. — TEMPERATURAS MÁS BAJAS NOTADAS ANUALMENTE DESDE 1700 EN EL OBSERVATORIO DE PARÍS (pág. 36)

AÑOS	Temperatura	Datas	AÑOS	Temperatura	Datas
1700	− 3°,7		1747	− 15°,9	
1701	− 1 8		1748	− 14 0	12 enero.
1702	− 11 8		1749	− 9 6	
1703	− 4 3		1750	− 8 1	
1704	− 10 6		1751	− 12 5	
1705	− 3 7		1752	− 7 8	
1706	− 8 1		1753	− 13 4	
1707	− 3 4		1754	− 15 6	
1708	− 3 4		1755	− 15 6	
1709	− 18 7		1756	− 10 6	
1710	− 10 0		1757	− 13 1	
1711	− 8 1		1758	− 13 7	
1712	− 4 3		1759	− 7 5	
1713	− 9 0		1760	»	
1714	− 8 4		1761	− 6 2	
1715	− 8 7		1762	− 11 2	
1716	− 19 7	22 enero	1763	− 12 5	
1717	− 5 0		1764	− 6 2	
1718	− 6 8		1765	− 9 3	
1719	− 3 1		1766	− 13 1	
1720	− 0 0		1767	− 15 0	
1721	− 9 3		1768	− 15 0	
1722	− 4 6		1769	− 6 2	
1723	− 10 3	10 febrero	1770	− 8 7	
1724	− 0 0		1771	− 13 5	13 febrero
1725	− 4 0		1772	»	
1726	− 8 1		1773	− 10 6	5 febrero
1727	− 2 8		1774	− 8 8	27 noviembre
1728	− 6 2		1775	»	
1729	− 15 3	19 enero	1776	− 19 1	29 enero
1730	− 5 9		1777	»	
1731	− 6 2	19 enero	1778	− 5 9	12 enero
1732	− 7 5		1779	− 10 6	5 enero
1733	− 3 4		1780	− 10 6	28 enero
1734	− 5 0		1781	− 7 1	13 enero
1735	− 3 1		1782	− 12 5	17 febrero
1736	− 4 0		1783	− 19 1	30 diciembre
1737	− 5 0		1784	− 12 6	31 enero
1738	− 7 5		1785	− 10 9	1.° marzo
1739	− 6 2		1786	− 13 0	4 enero
1740	− 12 5		1787	− 5 4	27 enero 30 noviembre
1741	− 8 7				
1742	− 16 5		1788	− 21 5	31 diciembre
1743	− 8 1		1789	− 15 0	4 enero
1744	− 11 8		1790	− 5 0	1.° diciembre
1745	− 14 0		1791	− 7 7	9 noviembre
1746	− 10 9		1792	− 14 0	19 febrero

AÑOS	Temperatura	Datas	AÑOS	Temperatura	Datas
1793	− 7 6	20 enero	1841	− 13 1	8 enero
1794	− 7 5	19 diciembre	1842	− 10 0	10 enero
1795	− 23 5	25 enero	1843	− 4 0	13, 14 dicbre.
1796	− 13 4	11 diciembre	1844	− 9 3	8, 11 diciembre
1797	− 3 1	21 febrero	1845	− 11 8	21 febrero
1798	− 17 6	26 diciembre	1846	− 14 7	19 diciembre
1799	− 13 1	31 diciembre	1847	− 7 9	1.° enero
1800	− 13 1	30 enero	1848	− 9 7	28 enero
1801	− 10 1	13 febrero	1849	− 7 3	2.enero.
1802	− 15 5	16 enero	1850	− 7 0	11 enero
1803	− 15 4	12 febrero	1851	− 6 3	30 diciembre
1804	− 8 2	20 diciembre	1852	− 7 0	1.°, 2 enero
1805	− 10 2	17 y 18 dbre.	1853	− 14 0	30 diciembre
1806	− 3 9	12 marzo	1854	− 9 0	6 febrero
1807	− 7 4	8 diciembre	1855	− 13 3	21 enero
1808	− 12 2	21 diciembre	1856	− 6 6	14 enero
1809	− 9 6	18 enero	1857	− 6 6	6 febrero
1810	− 12 3	31 enero	1858	− 9 8	5, 7 enero
1811	− 10 3	2 enero	1859	− 16 2	20 diciembre
1812	− 10 6	9 diciembre	1860	− 7 8	15 febrero
1813	− 7 0	21 enero	1861	− 10 0	16 enero
1814	− 12 5	24 febrero	1862	− 9 4	19 enero
1815	− 10 3	20 enero	1863	− 2 5	1.° marzo
1816	− 10 8	11 febrero	1864	− 10 1	6 enero
1817	− 9 4	31 diciembre	1865	− 8 0	13 febrero
1818	− 6 4	27 diciembre	1866	− 2 1	22 febrero
1819	− 6 3	8 diciembre	1867	− 9 0	22 enero
1820	− 14 3	11 enero	1868	− 11 1	7 enero
1821	− 11 6	1.° enero	1869	− 9 0	25 enero
1822	− 8 8	27 diciembre	1870	− 11 2	24 diciembre
1823	− 14 6	14 enero	1771	− 21 3	9 diciembre
1824	− 4 8	14 enero	1872	− 2 6	23 marzo
1825	− 8 0	31 diciembre	1873*	− 5 0	diciembre
1826	− 11 7	10 enero	1874	− 11 6	30 diciembre
1827	− 12 7	18 febrero	1875	− 13 2	1.° enero
1828	− 7 8	10 enero	1876	− 12 7	12 febrero
1829	− 17 0	24 enero	1877	− 6 2	12 marzo
1830	− 17 2	17 enero	1878	− 7 1	12 enero
1831	− 10 3	31 enero	1879	− 23 9	10 diciembre
1832	− 5 9	1.° enero	1880	− 10 8	29 enero
1833	− 8 5	10 enero	1881	− 13 3	16 enero
1834	− 4 0	2, 11 febrero	1882	− 4 7	varios
1835	− 9 6	22 diciembre	1883	− 6 0	11 marzo 18 diciembre
1836	− 10 0	2 enero			
1837	− 8 9	2 enero	1884	− 4 6	30 diciembre
1838	− 19 0	20 enero	1885	− 8 9	26 enero
1839	− 8 1	1.° febrero	1886	− 7 9	24 enero
1840	− 13 2	17 diciembre			

II. - NÚMERO MENSUAL DE DÍAS DURANTE LOS CUALES EL TERMÓMETRO HA DESCENDIDO BAJO CERO EN EL OBSERVATORIO DE PARÍS (pág. 36)

INVIERNOS	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	TOTAL
1788-89	»	18	30	15	2	21	»	86
1789-90	»	8	9	11	3	3	2	36
1790-91	»	6	9	7	7	5	»	34
1791-92	2	11	8	11	11	5	»	48

* Desde 1873 las cifras son las del Observatorio de Montsouris.

Inviernos	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
1792-93	»	6	7	18	4	3	2	40
1793-94	»	1	10	18	1	1	»	31
1794-95	»	3	18	29	11	3	»	64
1795-96	»	5	5	»	5	9	»	24
1796-97	»	4	21	7	14	14	1	61
1797 99	»	3	1	10	10	9	1	34
1798-99	1	5	17	22	8	8	4	65
1799-1800	»	3	20	5	10	12	»	50
1800-01	»	4	1	7	9	»	1	22
1801-02	»	1	7	26	2	5	»	41
1802-03	»	»	6	16	12	13	»	47
1803-04	»	3	6	6	14	10	»	39
1804-05	»	5	16	15	10	7	»	53
1805-06	2	8	11	2	5	7	2	37
1806-07	1	2	»	13	4	16	9	45
1807-08	»	4	16	14	17	19	5	75
1808-09	1	2	12	4	2	3	9	33
1809-10	2	4	3	25	12	2	3	51
1810-11	2	»	5	19	1	2	»	29
1811-12	»	3	10	18	5	5	6	47
1812-13	»	11	20	18	7	7	»	63
1813-14	2	6	12	20	7	13	»	70
1814-15	1	4	5	21	»	»	»	31
1815-16	»	14	16	11	13	5	7	66
1816-17	1	10	8	5	1	8	4	37
1817-18	1	1	14	6	10	2	1	35
1818-19	»	1	16	5	4	2	»	28
1819-20	»	2	12	19	12	13	»	57
1820-21	»	6	11	13	23	1	»	54
1821-22	»	»	»	5	4	1	»	10
1822-23	»	»	23	19	4	6	1	53
1823-24	»	5	4	12	4	2	5	32
1824-25	»	1	3	10	9	11	»	34
1825 26	»	1	5	22	3	5	1	37
1826-27	»	4	3	21	23	2	»	53
1827 28	»	8	2	6	9	2	1	28
1828 29	2	3	10	22	10	8	1	56
1829-30	»	8	26	21	17	4	»	76
1830-31	»	4	12	18	3	1	1	39
1831-32	»	4	6	21	15	7	»	53
1832-33	»	»	5	22	1	14	»	42
1833-34	»	5	1	1	13	6	1	27
1834-35	»	5	12	15	3	»	2	37
1835-36	»	9	21	12	9	2	»	53
1836-37	3	1	8	15	8	17	10	62
1837-38	4	10	15	26	13	4	5	77
1838-39	»	3	19	16	5	9	2	54
1839-40	»	1	6	11	11	19	»	48
1840-41	»	4	27	16	14	»	»	61
1841-42	1	1	5	29	8	3	2	49
1842-43	3	9	14	10	11	5	3	55
1843-44	1	5	7	12	20	4	»	49
1844-45	»	3	22	15	18	21	»	79
1845-46	»	1	2	8	4	»	»	15
1846-47	»	6	21	15	15	10	2	69
1847-48	»	1	8	23	2	1	»	35
1848-49	»	1	4	3	3	5	1	17
1849-50	»	6	13	27	2	11	»	59
1850-51	1	1	11	9	14	4	»	40
1851-52	»	9	14	11	9	10	2	55
1852-53	»	1	1	2	21	18	1	44
1853-54	»	6	28	11	15	4	»	64

Inviernos	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
1854-55	»	7	3	18	16	10	4	58
1855-56	»	6	16	8	6	6	»	42
1856-57	1	9	13	14	16	6	»	59
1857-58	»	1	10	21	18	13	»	63
1858-59	1	17	8	14	5	2	2	49
1859-60	1	9	15	6	20	8	1	60
1860-61	»	6	13	26	8	»	»	53
1861-62	»	7	15	13	9	5	1	50
1862-63	»	8	4	3	14	3	»	32
1863-64	»	2	4	19	15	1	»	41
1864-65	»	6	19	10	13	13	»	61
1865-66	»	»	7	2	1	4	»	14
1866-67	»	5	5	15	»	5	»	30
1867-68	»	4	14	12	1	»	»	31
1868-69	»	2	»	11	»	1	»	14
1869-70	3	3	11	13	15	6	»	51
1870-71	»	»	22	18	4	8	»	52
1871-72	3	17	23	8	3	5	»	59
1872-73*	»	»	1	6	16	2	3	28
1873-74	»	4	13	9	11	10	1	48
1874-75	2	9	20	6	16	13	1	67
1875-76	1	6	17	21	13	7	4	69
1876-77	»	5	3	7	3	11	»	29
1877-78	5	»	11	16	8	7	1	48
1878-79	»	5	21	24	11	4	3	68
1879-80	1	12	28	24	9	1	»	75
1880-81	3	7	2	23	6	6	1	48
1881-82	1	5	13	15	10	7	1	52
1882-83	0	0	8	9	6	16	0	39
1883-84	0	0	5	1	5	4	0	15
1884-85	1	10	9	24	3	8	0	55
1885-86	»	4	15	16	17	15	1	68

III. – TABLAS PSICROMÉTRICAS (pág. 194)

Termómetro húmedo	Diferencia de los dos termómetros: 1.° Tensión del vapor	1.° Humedad relativa	1.° Punto de rocío	2.° Tensión del vapor	2.° Humedad relativa	2.° Punto de rocío	3.° Tensión del vapor	3.° Humedad relativa	3.° Punto de rocío	4.° Tensión del vapor	4.° Humedad relativa	4.° Punto de rocío	5.° Tensión del vapor	5.° Humedad relativa	5.° Punto de rocío	6.° Tensión del vapor	6.° Humedad relativa	6.° Punto de rocío
	mm			mm			mm			mm			mm			mm		
30°	30,9	93	29°,6	30,3	86	29°,3	29,7	79	28°,9									
29°	29,2	92	28°,6	28,5	85	28°,3	27,9	79	27°,9	27,3	73	27°,5						
28°	27,5	92	27°,6	26,9	85	27°,2	26,2	79	26°,8	25,6	72	26°,4	25,0	67	26°,0			
27°	25,9	92	26°,6	25,3	85	26°,2	24,6	78	25°,8	24,0	72	25°,3	23,4	66	24°,9	22,8	61	24°,4
26°	24,4	92	25°,6	23,7	85	25°,1	23,1	78	24°,7	22,5	71	24°,2	21,9	65	23°,8	21,3	60	23°,3
25°	22,9	92	24°,6	22,3	84	24°,1	21,7	77	23°,6	21,1	71	23°,1	20,5	65	22°,7	19,8	59	22°,1
24°	21,6	92	23°,5	21,0	84	23°,0	20,3	77	22°,6	19,7	70	22°,0	19,1	64	21°,5	18,5	59	21°,0
23°	20,3	91	22°,5	19,7	83	22°,0	19,0	76	21°,5	18,4	69	20°,9	17,8	63	20°,4	17,2	58	19°,8
22°	19,0	91	21°,5	18,4	83	20°,9	17,8	76	20°,4	17,2	69	19°,8	16,6	63	19°,2	16,0	57	18°,6
21°	17,9	91	20°,4	17,3	83	19°,9	16,7	75	19°,3	16,0	68	18°,7	15,4	62	18°,1	14,8	56	17°,5
20°	16,8	91	19°,4	16,2	82	18°,2	15,6	74	18°,2	14,9	67	17°,6	14,3	61	16°,9	13,7	55	16°,2
19°	13,7	91	18°,4	15,1	82	17°,8	14,5	74	17°,1	13,9	66	16°,5	13,3	60	15°,7	12,7	54	14°,9
18°	14,8	90	17°,4	14,1	81	16°,7	13,5	73	16°,0	12,9	66	15°,2	12,3	59	14°,5	11,7	53	13°,7
17°	13,8	90	16°,3	13,2	81	15°,6	12,6	72	14°,9	12,0	65	14°,1	11,4	58	13°,3	10,8	52	12°,5

* Desde 1872 las cifras son las del Observatorio de Montsouris.

Termómetro húmedo	DIFERENCIA DE LOS DOS TERMÓMETROS 1.° Tensión del vapor	Humedad relativa	Punto de rocío	2.° Tensión del vapor	Humedad relativa	Punto de rocío	3.° Tensión del vapor	Humedad relativa	Punto de rocío	4.° Tensión del vapor	Humedad relativa	Punto de rocío	5.° Tensión del vapor	Humedad relativa	Punto de rocío	6.° Tensión del vapor	Humedad relativa	Punto de rocío
	mm			mm			mm			mm			mm			mm		
16°	12,9	90	15°,3	12,3	80	14°,5	11,7	72	13°,7	11,1	64	12°,9	10.5	57	12°,1	9,9	50	11°,1
15°	12,1	89	14°,2	11,5	80	13°,4	10,9	71	12°,6	10,3	63	11°,7	9,7	55	10°,8	9,1	49	9°,8
14°	11,3	89	13°,2	10,7	79	12°,3	10,1	70	11°,4	9,5	62	10°,5	8,9	54	9°,5	8,3	47	8°,4
13°	10,6	89	12°,1	10,0	78	11°,2	9,3	69	10°,3	8,7	61	9°,3	8,1	53	8°,2	7,5	46	7°,1
12°	9,9	88	11°,1	9,3	78	10°,1	8,6	68	9°,1	8,0	59	8°,0	7,4	52	6°,9	6,8	44	5°,6
11°	9,2	88	10°,0	8,6	77	9°,0	8,0	67	7°,9	7,4	58	6°,8	6,8	50	5°,5	6,2	43	4°,1
10°	8,6	87	9°,0	8,0	76	7°,9	7,4	66	6°,7	6,8	57	5°,5	6,2	48	4°,1	5,5	41	2°,6
9°	8,0	86	7°,9	7,4	75	6°,8	6,8	65	5°,5	6,2	55	4°,1	5,6	47	2°,7	5,0	39	1°,1
8°	7,4	86	6°,9	6,8	74	5°,6	6,2	63	4°,2	5,6	54	2°,8	5,0	45	1°,2	4,4	37	-0°,6
7°	6,9	86	5°,8	6,3	73	4°,5	5,7	62	3°,0	5,1	52	1°,5	4,5	43	-0°,3	3,9	35	2°,2
6°	6,4	85	4°,7	5,8	72	3°,3	5,2	61	1°,7	4,6	50	0°,0	4,0	41	1°,9	3,4	33	4°,0
5°	5,9	85	3°,6	5,3	71	2°,1	4,7	59	0°,4	4,1	48	-1°,4	3,5	39	3°,4	2,9	30	5°,8
4°	5,5	84	2°,3	4,9	70	0°,9	4,3	57	-0°,9	3,7	46	2°,8	3,1	36	5°,1	2,5	28	7°,7
3°	5,1	83	1°,5	4,5	69	-0°,3	3,9	56	2°,2	3,3	44	4°,3	2,7	34	6°,8	2,1	25	9°,8
2°	4,7	83	0°,3	4,1	67	1°,5	3,5	54	3°,5	2,9	42	5°,9	2,3	32	8°,7	1,7	22	12°,3
1°	4,4	82	-0°,7	3,8	66	2°,7	3,2	53	4°,9	2,6	40	7°,5	2,0	30	10°,5	1,4	18	15°,1
0°	4,0	81	1°,8	3,4	65	3°,9	3,0	52	5°,9	2,2	39	8°,0	1,8	28	11°,5	1,0	15	18°,5
-1°	3,8	81	2°,8	3,2	65	4°,6	2,7	51	6°,9	2,2	38	9°,5	1,6	27	12°,9			
2°	3,4	80	3°,8	2,9	63	5°,9	2,4	48	8°,4	1,9	35	11°,4	1,3	23	15°,5			
3°	3,1	79	5°,0	2,6	61	7°,3	2,1	45	9°,9	1,6	32	13°,5	1,0	19	18°,4			
4°	2,9	78	6°,1	2,3	59	8°,6	1,8	43	11°,6	1,3	28	15°,8	0,8	15	21°,7			
5°	2,6	77	7°,3	2,1	57	9°,9	1,6	40	13°,5	1,0	24	18°,5						
6°	2,4	76	8°,4	1,9	55	11°,4	1,3	36	15°,5	0,8	20	21°,4						
7°	2,2	74	9°,6	1,6	52	13°,0	1,1	32	17°,7	0,6	16	25°,0						
8°	1,9	73	10°,9	1,4	49	14°,7	0,9	28	20°,2	0,4	11	29°,8						
9°	1,7	71	12°,2	1,2	46	16°,5	0,7	24	23°,1	0,2	6							
10°	1,6	69	13°,6	1,0	42	18°,5	0,5	20	26°,4									
11°	1,4	67	14°,9	0,9	39	20°,4	0,4	15	30°,3									
12°	1,3	65	16°,2	0,7	35	22°,6	0,2	10	35°,0									
13°	1,1	63	17°,7	0,6	31	24°,8	0,1	4										
14°	1,0	61	19°,0	0,5	27	27°,5												
	0,9	58	20°,6	0,4	22	30°,3												

IV. — ALTURAS MENSUALES DE LA LLUVIA RECOGIDA EN LA AZOTEA DEL OBSERVATORIO DE PARÍS, DESDE 1805 (pág. 242)

AÑOS	Enero	Feb.	Mar.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1805	40,6	36,2	30,7	25,7	51,0	31,5	31,4	78,4	75 1	65,9	60,3	49.9
1806	73 8	73 8	78 5	15 1	12 4	10 6	28 9	57 1	40 1	51 7	38 4	39 5
1807	32 9	38 8	9 5	27 1	70 2	17 4	11 1	57 5	53 5	32 9	20 9	34 3
1808	22 5	11 8	11 3	11 2	15 3	42 0	63 1	74 6	55 8	31 6	110 5	13 1
1809	49 7	28 9	15 3	19 8	43 3	30 5	59 3	54 2	43 9	67 6	41 7	20 6
1810	0 0	26 7	37 2	20 1	60 3	3 0	94 4	25 5	5 9	1 8	39 1	104 3
1811	28 7	65 7	8 0	59 5	45 0	91 4	61 0	57 0	45 6	54 3	54 1	55 5
1812	33 0	57 9	46 3	60 8	40 0	45 6	16 0	46 3	14 7	45 5	53 8	36 4
1813	25 9	17 6	11 3	36 1	48 8	82 5	94 1	14 1	38 1	89 7	33 0	13
1814	31 8	14 5	11 5	45 3	32 9	45 4	9 6	36 2	15 1	59 4	40 7	33 4
1815	17 3	31 4	40 7	30 3	29 0	78 7	31 9	15 0	31 8	38 0	44 6	57 3
1816	49 0	6 0	43 8	12 8	38 0	53 7	96 8	50 8	63 4	61 7	36 7	46 3
1817	38 3	20 7	43 5	1 3	64 8	101 8	58 7	49 5	61 5	20 6	41 7	69 0
1818	45 5	32 7	64 5	66 2	46 0	22 4	16 2	25 5	55 2	52 1	17 2	55,6

AÑOS	Enero	Feb.	Mar.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1819	31,0	48,3	20,8	24,4	79,6	50,0	87,3	64,2	25,4	14,0	31,7	12,1
1820	28 8	25 5	16 7	20 3	86 5	30 9	14 5	46 7	36 5	57 1	60 0	67 1
Media	34,3	33,5	30,6	29,7	47,7	48,0	48,4	47,0	41,4	46,5	45,3	44,2
				TOTAL.				211,1				
1821	52,6	4,2	69,4	68,2	46,1	44,0	55,8	45,7	81,5	49,7	5,8	16,6
1822	15 0	18 3	18 1	7 1	42 2	92 3	44 5	23 0	61 0	33 6	33 9	49 2
1823	32 6	56 6	29 2	32 7	52 4	49 9	42 2	22 9	27 4	30 5	49 4	22 7
1824	28 6	36 3	52 7	34 4	65 8	46 3	36 3	52 8	65 8	38 3	15 2	57 6
1825	20 1	24 3	20 4	53 5	59 3	19 1	1 4	34 6	53 9	89 6	36 0	27 5
1826	35 2	40 1	9 8	28 7	40 4	22 1	28 6	44 4	30 6	44 5	105 1	32 8
1827	12 3	19 5	64 8	37 9	100 5	16 9	35 7	30 3	41 4	43 1	40 9	45 8
1828	57 8	43 4	60 5	61 2	62 8	54 0	96 1	56 5	25 7	61 3	21 3	59 1
1829	37 5	27 6	24 0	69 3	20 2	51 0	126 2	42 5	103 9	7 1	36 0	24 3
1830	15 0	2 4	13 1	62 1	113 8	70 7	59 0	68 9	69 1	32 1	23 2	2 3
1831	17 2	37 5	38 8	38 8	59 5	35 8	41 9	48 8	45 3	7 3	50 1	41 5
1832	35 4	8 1	32 2	28 5	51 3	79 0	16 0	38 2	21 2	52 3	76 5	36 6
1833	15 0	69 3	18 9	64 6	22 2	46 4	36 6	38 7	52 8	45 0	67 4	44 0
1834	65 4	14 9	15 5	24 8	41 2	46 6	79 6	82 7	8 0	19 1	32 5	86 8
1835	10 3	41 0	37 3	32 5	48 2	29 5	21 3	22 5	93 8	23 4	10 4	8 4
1836	48 5	20 8	68 3	26 8	21 1	46 7	33 9	78 9	55 6	56 0	33 0	12 2
1837	32 6	74 1	15 1	62 5	68 2	55 7	43 3	44 1	53 9	65 9	91 3	52 9
1838	21 0	42 8	50 6	33 0	40 2	74 5	25 8	40 4	81 1	21 9	38 5	17 7
1839	38 7	57 6	28 6	22 0	30 4	107 9	30 3	26 4	90 2	24 4	85 1	22 9
1840	33 3	10 7	8 2	50 0	32 3	25 7	32 5	27 2	114 1	51 2	54 7	42 3
1841	15 8	21 6	35 6	34 0	40 5	41 2	88 1	39 2	35 2	51 3	59 9	10 0
1842	18 9	29 3	25 8	22 1	21 1	38 7	13 4	13 4	74 6	62 4	49 5	63 6
1843	64 2	62 8	4 2	51 0	61 5	52 4	53 1	44 7	21 6	23 4	55 2	6 3
1844	28 5	54 9	40 1	8 5	56 7	33 3	77 6	68 1	79 1	45 1	72 5	9 1
1845	42 1	27 3	34 4	41 4	51 9	74 8	41 0	47 4	65 4	43 7	59 8	21 5
1846	70 4	15 2	47 1	57 5	36 5	33 1	22 0	78 4	60 0	29 0	62 3	64 5
1847	38 9	33 1	15 8	32 7	27 8	29 1	107 5	39 1	22 4	71 3	24 9	48 1
1848	23 6	44 9	47 3	78 0	18 7	60 4	49 2	102 9	16 3	31 9	25 0	26 9
1849	48 2	16 4	24 9	55 5	62 0	82 6	70 0	26 0	79 5	45 9	33 2	34 8
1850	40 4	30 0	12 6	51 3	55 5	21 6	39 0	148 1	29 3	36 7	53 8	41 7
Media	33,8	32,8	32,1	43,0	48,3	49,4	48,3	49,2	55,3	41,2	46,7	34,3
				TOTAL.				220 0				
1851	33,8	18,4	70.8	62,0	31,8	12,3	82,7	26,0	23,1	50,5	42,8	41,8
1852	54 4	17 2	33 8	23 1	64 6	68 3	33 5	49 3	69 1	52 8	38 8	16 3
1853	68 8	15 4	27 0	57 9	48 0	47 3	43 4	55 2	26 0	74 1	59 3	50 3
1854	9 1	20 1	1 1	23 6	70 3	170 7	90 5	43 7	12 5	48 2	9 7	7 5
1855	28 5	33 1	36 6	8 2	18 6	46 9	37 3	32 7	10 0	67 0	54 2	51 1
1856	39 7	7 0	31 4	50 8	117 5	48 5	54 0	53 5	58 9	51 3	21 1	19 3
1857	50 9	13 6	18 6	55 1	50 5	68 7	13 1	60 0	71 7	26 9	47 9	29 1
1858	13 0	11 0	47 3	36 1	40 8	35 2	91 9	61 2	17 5	52 5	8 1	29 1
1859	31 5	14 2	16 3	46 3	39 0	68 3	30 3	24 7	73 6	9 7	46 9	55 4
1860	65 0	41 0	38 6	33 4	59 3	37 6	93 3	76 0	76 3	96 4	40 6	64 0
1861	6 3	25 1	55 1	25 8	27 6	74 0	104 5	8 9	43 8	52 0	28 0	54 7
1862	35 5	7 8	66 9	22 3	50 1	52 8	44 4	52 5	50 7	13 4	50 0	23 7
1863	38 4	8 3	24 2	10 4	27 3	45 1	23 7	21 6	59 0	73 4	17 4	42 1
1864	21 9	19 0	41 4	10 1	28 9	65 9	10 5	28 6	47 2	81 8	43 3	43 4
1865	55 9	54 8	28 7	11 7	75 4	28 5	65 0	30 8	52 2	30 6	55 5	6 7
1866	50 9	52 4	51 9	68 2	48 5	46 6	65 9	79 2	92 7	63 1	64 9	11 3
1867	39 0	37 6	64 8	59 9	77 1	40 5	73 6	58 8	42 0	16 1	30 5	41 4
1868	44 8	7 0	15 7	77 7	23 3	42 7	18 7	69 2	49 6	33 0	15 2	24 6
1869	31 0	6 8	53 5	33 8	105 8	25 0	39 4	11 3	50 0	74 5	19 3	69 0
1870	34 3	13 5	16 8	3 6	47 7	2 4	42 9	46 4	38 3	30 8	56 0	33 7
1871	15 8	34 4	16 5	62 1	33 0	114 9	74 3	47 0	58 3	98 6	45 5	27 8
1872	57 1	26 8	19 0	34 0	72 8	47 7	68 9	43 8	37 1	37 3	9 3	21 0
Media	37,5	22,0	35,3	37,2	52,6	54,1	54,6	44,6	48,2	51,5	36,5	34 7

AÑOS	Enero	Feb.	Mar.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1873*	37,3	59,1	40,4	44,5	45,2	137,9	38,8	42,7	53,6	66,9	128,1	85,0
1874	23 1	17 5	11 4	16 1	36 6	47 8	54 5	23 1	65 1	65 2	36 5	6 0
1875	63 2	10 9	8 6	10 1	24 6	82 0	82 1	73 7	32 8	51 0	44 2	81 8
1876	9 1	57 8	62 7	24 3	14 3	70 6	24 6	72 2	65 3	76 9	75 4	22 4
1877	42 2	42 9	70 5	55 9	69 5	26 7	57 7	36 7	50 1	29 2	51 0	34 8
1878	25 6	11 3	40 4	84 9	69 8	82 3	39 2	76 9	21 2	39 5	49 8	47 0
1879	58 2	49 1	26 7	73 2	38 8	46 4	69 5	55 4	34 3	104 1	65 6	54 2
1880	10 9	38 8	5 2	49 3	3 6	63 6	52 1	44 2	43 8	22 4	15 9	43 9
1881	83 2	30 8	39 0	43 0	33 2	34 0	31 7	50 5	86 2	92 4	39 1	45 4
1882	9 3	26 7	28 6	51 2	27 3	33 0	45 1	63 4	64 8	26 7	36 0	27 5
1883	58 3	35 5	27 0	20 1	36 1	39 9	47 8	28 7	85 3	55 2	106 7	72 5
1884	22 1	34 5	20 0	25 2	45 8	45 6	41 1	49 9	32 0	58 2	50 3	22 2

V. — ALTURAS ANUALES DE LA LLUVIA RECOGIDA EN LA AZOTEA DEL OBSERVATORIO DE PARÍS DESDE 1689 (pág. 242)

AÑOS	Lluvia	AÑOS	Lluvia	AÑOS	Lluvia
	mm		mm		mm
1689	513,0	1727	370 0	1781	360 8
1690	638 4	1728	436 6	1782	601 9
1691	388 9	1729	460 3	1783	597 1
1692	612 3	1730	413 8	1784	526 4
1693	6[illegible]3 5	1731	276 6	1785	442 5
1694	319 8	1732	441 3	1786	628 7
1695	531 9	1733	210 2	1787	596 3
1696	526 7	1734	470 7	1788	462 1
1699	505 7	1735	375 4	1789	500 2
1700	542 6	1736	405 9	1790	353 3
1701	578 7	1737	420 2	1791	401 4
1702	442 0	1738	400 0	1792	560 2
1703	466 6	1739	517 1	1793	330 6
1704	537 8	1740	583 6	1794	394 0
1705	372 7	1741	347 0	1795	404 4
1706	412 0	1742	346 9	1796	349 9
1707	485 4	1743	357 4	1797	523 8
1708	494 7	1744	433 4	Media.	494 1
1709	588 6	1745	337 7		
1710	427 1	1746	376 4	1804	703 1
1711	681 5	1747	447 2	1805	530 2
1712	573 3	1748	469 4	1806	488 8
1713	558 3	1749	516 0	1807	473 2
1714	399 5	1750	564 5	1808	434 5
1715	474 2	1751	626 9	1809	490 1
1716	388 8	1752	497 8	1810	437 0
1717	478 8	1753	480 8	1811	507 6
1718	355 5	1754	372 2	1812	496 9
1719	275 7	Media.	413 7	1813	502 0
1720	464 3			1814	382 2
Media.	488,2	1773	592 9	1815	450 8
		1774	602 7	1816	545 6
1721	342 3	1775	534 4	1817	565 0
1722	395 0	1776	631 4	1818	432 0
1723	229 9	1777	443 2	1819	615 2
1724	334 2	1778	507 3	1820	378 5
1725	474 4	1779	560 1	Media.	501 3
1726	307 5	1780	447 5		

* Desde 1873 las cifras son las del Observatorio de Montsouris.

AÑOS	Lluvia	AÑOS	Lluvia	AÑOS	Lluvia
	mm		mm		mm
1821	584 2	1845	581 5	1867	565 1
1822	424 1	1846	564 5	1868	512 5
1823	457 0	1847	430 2	1869	477 1
1824	572 1	1848	575 2	1870	417 8
1825	469 0	1849	597 3	1871	523 9
1826	409 7	1850	562 9	1872	686 8
1827	501 0	Media.	516 7	Media.	515 3
1828	585 4				
1829	559 8	1851	468 8	1874	422 3
1830	573 0	1852	597 0	1875	503 2
1831	529 0	1853	454 4	1876	519 4
1832	466 3	1854	613 9	1877	579 8
1833	502 9	1855	343 6	1878	630 6
1834	420 9	1856	565 3	1879	448 5
1835	437 6	1857	491 9	1880	487 4
1836	610 7	1858	466 0	1881	482 5
1837	527 5	1859	545 2	1882	554 6
1838	541 8	1860	655 2	1883	476 3
1839	580 3	1861	458 2	1884	369 8
1840	455 2	1862	515 9	1885	501 6
1841	526 7	1863	426 5	1886	584 6
1842	342 3	1864	366 1	Media.	504 6
1843	542 2	1865	542 3		
1844	570 8	1866	644 3		

VI. – ACERCA LA VELOCIDAD DE LAS GOTAS DE LLUVIA (pág. 244)

No hay nadie que, viajando en ferrocarril, no haya notado que la lluvia al caer traza líneas oblicuas muy inclinadas cuando el tren va á gran velocidad. En efecto, suponiendo que las gotas de lluvia caen verticalmente en realidad – lo que sucede cuando son muy pesadas ó el viento es débil, – la ventana del compartimiento produce, trasladándose, un efecto fácil de apreciar. Una gota que apareciera, por ejemplo, en la parte alta del borde anterior de la ventana, trazaría una línea vertical paralela á este borde si el vagón estuviera inmóvil; pero como está en marcha, traza una línea oblicua, resultante de las dos fuerzas componentes: 1.°, la velocidad propia de la gota; 2.°, la del vapor. Si la gota estuviera inmóvil, la línea proyectada por ella detrás del cristal sería horizontal. Ordinariamente esta línea, suponiendo que empieza en el ángulo superior del rectángulo que marcha delante, corta el lado vertical opuesto hacia la base. La distancia de este punto á la cima del ángulo superior representa la *velocidad de la lluvia* y el lado horizontal la del vagón. La relación de estas dos líneas $\frac{a}{b}$ da las velocidades. Siendo conocida la del tren, se determina fácilmente la otra. Por este medio tan sencillo como ingenioso, el comandante Rozet ha encontrado que la lluvia cae por término medio con una velocidad de 11 metros por segundo, velocidad muy débil si se considera la altura de la caída.

FIN DE LA OBRA

INDICE

DEL TEXTO CONTENIDO EN ESTE TOMO

Páginas

CAPÍTULO VI. – El otoño. – El invierno. – La tierra vegetal. – La nutrición de las plantas. – Paisajes de otoño é invierno. – El frío. – La nieve. – El hielo. – La escarcha, el granizo, etc. 5

– VII. – Los climas. – Distribución de la temperatura en el globo.—Líneas isotermas. 41

– VIII. – Las montañas. – La armazón del globo. – Los climas según la elevación. – Geografía botánica. – Nieves perpetuas. – Glaciares. – Las ascensiones á las montañas. – Las avalanchas 62

LIBRO CUARTO

EL VIENTO

CAPÍTULO I. – El viento y su causa. – Circulación general de la Atmósfera. – Vientos regulares y periódicos. – Alisios. – Monzones. – Brisas. 84

– II. – Las corrientes del mar. – Meteorología del Océano. – Derroteros marítimos. – El Gulf-Stream. 98

– III. – Los vientos variables. – El viento en nuestros climas. – Direcciones medias en Europa y en Francia. – Frecuencia relativa de los diferentes vientos. – Rosa de los vientos según los lugares y las estaciones. – Variación mensual y diurna de la intensidad. – Vientos particulares y locales. 108

– IV. – Las tempestades, la presión atmosférica y las variaciones del tiempo. – Torbellinos. – Ciclones. – Huracanes. – Los centros de depresión y su marcha. 148

– V. – Las trombas ó mangas. 177

LIBRO QUINTO

EL AGUA. – LAS NUBES. – LAS LLUVIAS

CAPÍTULO I. – El agua en la superficie de la Tierra y en la Atmósfera. – El mar. – Los ríos. – Volumen y peso del agua que hay en la Tierra. – Circulación perpetua. – El vapor de agua en la Atmósfera. – Sus variaciones según la altura, los lugares y el tiempo. – Higrómetro. – El rocío. – La escarcha. 189

– II. – Las nubes. – Qué es una nube. – Modo de formarse. – La niebla. – Observaciones hechas en globo y en las montañas. – Diferentes especies de nubes. – Sus formas. – Su altura. 206

Páginas

CAPÍTULO III. – La lluvia. – Condiciones generales de la formación de la lluvia. – Su distribución en el globo. – La lluvia en Europa y en Francia. 226
– IV. – Las grandes lluvias y las inundaciones. – Lluvias fertilizadoras. – Lluvias destructoras. – Sistema de las corrientes, fuentes y manantiales. – La mayor cantidad de agua caída en un aguacero. – Los años lluviosos. 243
– V. – El granizo. – Formación del granizo. – Marcha de las borrascas. – Distribución caprichosa del meteoro en los campos. – Las más fuertes granizadas conocidas. 254
– VI. – Los prodigios. – Lluvias de sangre, – de tierra, – de azufre, – de plantas, – de ranas, – de peces, – de diferentes animales. . . 267

LIBRO SEXTO

LA ELECTRICIDAD, LAS TORMENTAS, EL RAYO

CAPÍTULO I. – La electricidad en la Tierra y en la Atmósfera. – Estado eléctrico del globo terrestre. – Descubrimiento de la electricidad atmosférica. – Experimentos de Otto de Guericke, Wall, Nollet, Franklin, Romas, Richmann, Saussure, etc. – Electricidad del suelo, de las nubes y del aire. – Formación de las tormentas. . 284
– II. – Los relámpagos y el trueno 292
– III. – Los estragos y fechorías del rayo. 300
– IV. – Distribución geográfica de las tempestades. – Estadística del rayo. 317
– V. – Fuego de San Telmo y fuegos fatuos.. 322
– VI. – Los pararrayos. – Ultima comunicación oficial de la Academia de Ciencias.. 329
– VII. – Las auroras boreales.. 337
– COMPLEMENTARIO. – La previsión del tiempo. 348

APÉNDICE. 359

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE
STAMPED BELOW
APR 14 1978

BOOKS REQUESTED BY ANOTHER BORROWER
ARE SUBJECT TO RECALL AFTER ONE WEEK.
RENEWED BOOKS ARE SUBJECT TO
IMMEDIATE RECALL

NEW BOOK

LIBRARY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, DAVIS

D4613 (12/76)

QC
861
F5717
V.2

PHYSICAL
SCIENCES
LIBRARY

Flammarión, Camille, 1842-1925.
La atmósfera : los grandes fenómenos de la naturaleza / obra escrita por Camilo Flammarion ; y traducida de la última edición francesa ; revisada por Norberto Font y Sagué. -- Barcelona : Montaner y Simón, 1902.
2 v. : ill. ; 24 cm.

Includes indexes.

1. Meteorology. 2. Atmosphere.
I. Fl[illegible]

BC
2175065

780 Jl[illegible]A o/mvm
6168744

ESTABLECIMIENTO TIPOGRAFICO EDITORIAL
BARCELONA